

# **Tesis optativa del grado científico de Doctor en Ciencias**

## **Título: Nuevas perspectivas para el uso del agua y la gestión de los recursos vegetales en la cuenca del río Cuyaguaje.**

**Autor: Juan José León Coro  
Pinar del Río  
2001**

<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>Pág.</b>
1.1 El Agua. Importancia Actual.....	1
1.2 El Agua y el Ambiente. Su Conservación.....	1
1.3 El Agua y el Desarrollo Vegetal.....	4
1.4 Ordenación y Desarrollo.....	5
1.5 El Agua y su Influencia Transformadora.....	7
1.6 Vegetación. Evaluaciones.....	10
1.7 Objetivos.....	11
 <b>CAPÍTULO II: ÁREA DE ESTUDIO.....</b>	 <b>Pág.</b>
2.1 Materiales y Métodos.....	14
2.2 Situación Geográfica.....	15
2.3 Geología.....	15
2.4 Suelos.....	16
2.4.1 Síntesis de las principales características de los suelos.....	16
2.5 Clima.....	18
2.5.1 Temperatura del Aire.....	19
2.5.2 Humedad Relativa.....	19
2.5.3 Precipitaciones.....	19
2.5.4 Evaporación.....	20
2.5.5 Radiación Solar (Insolación).....	20
2.6 Vegetación.....	21
2.6.1 Caracterización de las formaciones vegetales más comunes en el área de estudio....	22
2.7 Fauna.....	23
2.8 Conclusiones.....	25
 <b>CAPÍTULO III: DIAGNÓSTICO.....</b>	 <b>Pág.</b>
3.1 Caracterización Climática.....	27
3.2 Utilización de los Recursos Hídricos.....	30
3.3 Uso del Territorio.....	38
3.3.1 Agricultura.....	38
3.3.2 Ganadería.....	40
3.3.3 Actividad Forestal.....	40
3.3.4 Deterioro y erosión del suelo.....	42

3.3.5	Minería.....	44
3.4	Estado Actual del Cauce.....	45
3.5	Conclusiones.....	46

#### **CAPÍTULO IV:**

<b>LOS RECURSOS HÍDRICOS DE LA CUENCA DEL RÍO CUYAGUATEJE...</b>		<b>Pág.</b>
4.1	Introducción.....	49
4.2	Materiales y Métodos.....	50
4.3	Resultados y Discusión.....	51
4.3.1	Precipitaciones.....	51
4.3.2	Evaporación.....	52
4.3.3	Hidrología.....	53
4.3.3.1	Hidrología Subterránea (Hidrogeología).....	54
4.3.3.2	Distribución Zonal.....	55
4.3.4	Distribución interanual del escurrimiento.....	58
4.3.4.1	Intensidades de lluvia para eventos extraordinarios.....	58
4.3.4.2	Gastos máximos y mínimos ocurridos.....	59
4.3.4.3	Intensidades de las lluvias para diferentes probabilidades.....	59
4.3.4.4	Datos hidro químicos.....	60
4.3.4.5	Sólidos en suspensión.....	60
4.4	Conclusiones.....	63

#### **CAPÍTULO V: PROPUESTA DE ORDENAMIENTO.**

	<b>Pág.</b>
5.1	Introducción.....
5.2	Materiales y Métodos.....
5.3	Resultados y discusión.....
5.3.1	ETR del bosque: Cálculo a partir del embalse El Mulo.....
5.3.2	La economía hídrica en la vegetación de la sabana de San Ubaldo
5.3.3	Producción primaria y nutrientes en la sabana de San Ubaldo.....
5.3.4	Uso consuntivo de los cultivos, pastos y bosques. Estudio de caso.....
5.4	Conclusiones.....

#### **CAPÍTULO VI:**

<b>CONTROL Y APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS HIDROLÓGICOS..</b>		<b>Pág.</b>
6.1	Introducción.....	88
6.2	Materiales y Métodos.....	88
6.3	Resultados y Discusión.....	89
6.3.1	Análisis de las secciones transversales.....	89
6.3.2	Mapa de Inundabilidad.....	89
6.3.3	Parámetros hidráulicos que puedan producir catástrofes. Criterios preventivos	90
6.3.4	Uso de los recursos hídricos.....	91
6.3.5	Planeamiento hidráulico de la cuenca Cuyaguateje en el municipio Minas. Zona Sur.	92
6.4	Conclusiones.....	94

<b>CAPÍTULO VII: AGUA, SUELO Y PRODUCCIÓN PRIMARIA.</b>	<b>Pág.</b>
7.1      Introducción.....	97
7.2      Materiales y Métodos.....	97
7.3      Resultados y Discusión.....	98
7.3.1    Modelo de pérdida de rendimientos en cultivos.....	98
7.3.1.1   Cálculo de la producción de materia seca.....	107
7.3.1.2   Validación del modelo propuesto en la ecuación Disminución del Rendimiento(DR)..	117
7.3.2    Estudio de caso. Ordenación agronómica del municipio Minas.....	122
7.3.3    Modelo de pérdida del rendimiento forestal.....	134
 <b>CAPÍTULO VIII: GESTIÓN DE LA FLORA Y LA VEGETACIÓN.</b>	 <b>Pág.</b>
8.1      Introducción.....	142
8.2      Materiales y Métodos.....	144
8.3      Resultados y Discusión.....	145
8.3.1    Flora.....	145
8.3.2    Vegetación.....	147
8.3.2.1   Características de algunas de las comunidades vegetales de la cuenca (Pizarra y Arenas Blancas).....	147
8.4      Propuesta de sistema complementario de áreas protegidas..	152
8.5      Conclusiones.....	154
8.6      Recomendaciones.....	155
 <b>CAPÍTULO IX: EDUCACIÓN AMBIENTAL, PRÁCTICA Y PROFESIONAL.</b>	 <b>Pág.</b>
9.1      Introducción.....	158
9.2      Propuesta de programa para instrucción ambiental.....	159
9.3      Impacto social.....	162
9.4      Estrategias metodológicas y organizativas.....	162
 <b>CAPÍTULO X: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	 <b>Pág.</b>
10.1     Conclusiones.....	166
10.2     Recomendaciones.....	168

## **BIBLIOGRAFÍA**

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### 1.1 EL AGUA. IMPORTANCIA ACTUAL.

Los ríos constituyen las arterias del desarrollo de la civilización. Desde tiempos inmemoriales, el hombre ha ubicado sus asentamientos en las márgenes de las corrientes pluviales que le permitieron avanzar en la escala del desarrollo social, Rydzewski (1994) señala: “el Valle del Nilo, en el siglo V (a.C.) sembraba al bajar las aguas y cosechaban en la estación seca”; en la actualidad, estas corrientes no reciben los tratamientos adecuados que permitan su mantenimiento en el tiempo con la misma limpieza y calidad de consumo que en las primeras agrupaciones urbanas, el uso y manejo de este recurso se limita cada día más debido a que se le introducen desechos y heces de las poblaciones que dañan considerablemente su estabilidad ecológica y su diversidad biológica, y se corre el riesgo de formar desiertos húmedos de las otrora fértiles y ricas regiones que se beneficiaban de las aguas de estos ríos, esto hace que no se logre la sostenibilidad en este recurso, Golley & Bellot (1999), plantean que las variaciones de los problemas pudieran resolverse con el sistema de análisis que se aplique en el proceso de ordenación.

La gestión de uso y manejo de la escorrentía de un río, comienza en el análisis del comportamiento del régimen pluviométrico, la configuración, estructura y composición del territorio de su cuenca para determinar el aporte real que se produce, así como de los factores y componentes de las pérdidas que se suceden en el área aportadora, debido a este entorno interactuante, vale estudiar cada uno de ellos de forma que, unidos, conformen la estructura directiva de las acciones en la explotación del recurso agua en diferentes aspectos de la vida socioeconómica de la región.

### 1.2 EL AGUA Y EL AMBIENTE. SU CONSERVACIÓN.

Bastaría con repasar los informes del PNUMA sobre el Medio Ambiente publicados por la Comisión Internacional del Medio Ambiente (CIMA) (1994), para comprobar como, a consecuencia de las técnicas intensivas de actuación sobre la Naturaleza, la misma está sufriendo un deterioro alarmante que impone la ordenación de los recursos naturales: agua, suelo y vegetación, en el marco de la cuenca. En otra línea de reflexión, debe señalarse el error frecuente de que los proyectos de obras de ingeniería de protección contra aluviones, como presas o encauzamientos, omiten la consideración de las causas fundamentales del problema, tales como la deforestación y el cultivo en pendiente, que tanto influyen en la degradación de la calidad de las aguas (sedimentos, contaminaciones, etc.). En correspondencia con estas situaciones, Rast & Ryding (UNESCO 1992) consideran la posibilidad de que el agua constituya el origen de posibles conflictos en el futuro dada su posible escasez.

Los grandes ríos continentales presentan variaciones en su comportamiento y los pequeños cauces de montañas no tienen estabilidad en su escurrimiento, es decir en cualquier categoría o lugar en que se ubiquen, motivado por las acciones negativas del hombre, se pierde, en gran medida, la belleza del paisaje, la diversidad faunística y las especies florísticas se ven afectadas, amenazadas o en peligro de extinción y pérdida de su potencial beneficioso para la humanidad. En Cuba, isla larga y estrecha, las manifestaciones no se presentan con tanta crudeza, no obstante, existen situaciones de igual naturaleza en menor escala, esto hace imprescindible el estudio de los factores que intervienen en la gestión actual del uso del agua superficial que fluye por los cauces y que su soporte más estable es el comportamiento del régimen pluviométrico que se sucede en la cuenca hidrográfica que le suministra los volúmenes de escorrentía que caracterizan al río de que se trate, sin embargo, ésta gestión permitirá el uso más racional de este recurso? ¿Tendremos perspectivas para el uso de sus potencialidades? Estas interrogantes y otras más, constituyen parte de la problemática a solucionar. Enfocar las acciones para tener una adecuada explotación de este recurso y al mismo tiempo expresar de forma clara y precisa el posible límite del desarrollo zonal, establecer un gradiente de incremento en el consumo hasta lograr un punto en el que el desarrollo permita el equilibrio entre el consumo y la necesidad para mantener la estabilidad del ecosistema para las futuras generaciones, de aquí que consideremos el caudal o gasto ecológico necesario como parte integrante de la gestión de uso y manejo de los recursos hídricos de las cuencas hidrográficas. Se considera acertadamente que la importancia que se le da al agua depende de la pluviometría del lugar y como consecuencia de ello los sistemas más eficientes de gestión de recursos hidrológicos no se ha desarrollado precisamente en países donde la precipitación es abundante sino al contrario, en aquellos en los que escasea. (Thornes 1998)

La incidencia de la actividad humana en el ecosistema del que forma parte puede resumirse en cambios de usos del suelo, agotamiento de recursos y contaminación. Los componentes del medio físico mantienen una relación muy directa con los fenómenos y actuaciones que le imprimen sus huellas a los ecosistemas en que se ubican, por tales

razones. Los ecosistemas forestales, por ejemplo requieren de unas mínimas condiciones climáticas y edafológicas (López Cadenas 1998), sin embargo la acción humana responsable de una masiva deforestación hace que esos mínimos sean una condición necesaria, pero no suficiente.

De forma muy general se puede decir con Vernadsky (1926) en su obra *The Biosphere*, que en ella el agua no puede separarse de la vida y la vida no puede separarse del agua. El ciclo hidrológico es el mayor movimiento de masa que tiene lugar en el planeta cada año (Schlesinger 1991) y aunque resulta objetivo que se evapora grandes volúmenes de agua de los océanos no se reconoce de igual manera la importancia que tiene la vegetación en la devolución a la atmósfera de la mayor parte del agua que queda almacenada en los suelos.

Para relacionar de forma directa los aspectos y procesos naturales a los problemas y situaciones que confrontamos en la actualidad, recordemos que, por su origen las formas vivientes requieren del agua para sus funciones, por lo que se hace necesaria su presencia para el mantenimiento de los organismos vivos. De aquí la necesidad de un ciclo hidrológico estable y la demostración de la importante contribución de los bosques en este objetivo.

La explosión demográfica producida en los últimos siglos ha originado una fuerte presión sobre los ecosistemas naturales que han sido destruidos para poder cultivar, obtener pastos, o producir madera. En la combinación de poblaciones cada vez más numerosas y habitantes con consumos de recursos crecientes, está la causa de la mayoría de los problemas ambientales. Entre estos problemas los que más preocupan son: el cambio climático; la disminución del espesor de la capa de ozono estratosférica, la contaminación de las aguas continentales y litorales, las lluvias ácidas y la desertificación; las relaciones entre el hombre y la naturaleza, en la actualidad presentan un saldo negativo sobre ella pues el deterioro ambiental y su repercusión en los cambios climáticos y la disminución de la diversidad ecológica, hacen perentoria la necesidad de investigaciones y de proyectos que tiendan a lograr un equilibrio estable.

Varios investigadores plantean que para que los bosques tropicales conserven su condición de tales, es preciso utilizar sus recursos ya que en caso contrario se corre el riesgo de que la población y la administración local los consideren menos valiosos que otras formas de aprovechamiento de la tierra. (Dykstra y Heinrich 1994).

Teniendo en cuenta lo anterior, ampliando la concepción hacia los sistemas agropecuarios, se pone de manifiesto la importancia vital de la cobertura vegetal que posea el territorio, para lo que se hace necesario la realización de proyectos de desarrollo rural, donde las comunidades tengan una activa participación, para poder tener una visión de conjunto con carácter integral y de racionalidad, tan deseable en todo proyecto ambiental y que es la que se pretende en esta tesis.

Por lo tanto, la conservación es positiva y abarca la preservación, el mantenimiento, la utilización sostenida, la restauración y mejora del entorno natural. Todos los ecosistemas, naturales o artificiales, realizan, en mayor o menor grado, una serie de funciones en virtud de las cuales se les atribuyen determinados méritos de conservación, lo que evidencia el tratamiento que en ese sentido se aplica como aspecto metodológico, en la concepción general de este trabajo.

Los valores de la conservación pueden apreciarse desde diversos puntos de vista, ya que son dimensiones de una misma realidad cuyo comportamiento es unitario; resulta útil resumirlas en las siguientes: ECOLÓGICA, PRODUCTIVA Y PAISAJISTA. Acerca de la importancia relativa que admiten los diferentes ecosistemas y sus posibilidades, de considerar una categorización de los ecosistemas y catalogarlos por los efectos a que estén sometidos estableciéndolos acorde con su productividad y relación socio - económica que se desarrolle en cada zona o lugar, de esta manera se le dará la importancia real en cada caso.

La problemática de diagnosticar y su posterior análisis referido al sistema territorial o recurso natural de que se trate en la investigación, requiere de concepciones claras y precisas para lograr los objetivos planteados con todo el alcance de que seamos capaces de introducir, a estos efectos se han pronunciado varios investigadores entre los que se encuentran Gómez Orea (1994), Bellot (1996), Golley (1998) y otros, los que coinciden en señalar que la planificación en las gestiones sobre recursos naturales deben integrar los procesos económicos, sociales y culturales en cada territorio en que se aplique dicha gestión, que sirve de aval para el carácter participativo comunitario que se le confiere a esta tesis.

El problema fundamental del análisis de la problemática en cuestión, es seleccionar adecuadamente el modelo que mejor represente el sistema a analizar. El aval más positivo del modelo seleccionado radica en su forma de predecir los efectos causados por diferentes acciones. Para que el modelo sea aceptable, requiere una alta correlación entre los efectos previstos por él y lo que sucede en la realidad. La elección final del tipo de modelo depende del uso que se le va a dar, de la problemática que se pretende resolver y el grado de detalles del análisis. Considerando el posible impacto a recibir por el medio por la introducción de un proyecto, ha hecho aparecer una nueva ética que trata de armonizar el desarrollo; así surge la necesidad de evaluar los impactos que sobre un lugar se suceden y de establecer las medidas y acciones para su eliminación. Por tanto en el impacto ambiental se consideran implicadas tres facetas, que según Gómez Orea (1994), son:

- 1- Modificaciones de las características del medio.
- 2- Modificaciones de sus valores o méritos de conservación
- 3- Significado ambiental de dichas modificaciones interpretado en relación con la salud y bienestar humano.

No podemos olvidar que todo impacto ambiental es variable en tiempo y en espacio, pudiendo adoptar dicha variación formas diferentes, por lo que su interpretación requiere de conocimientos adecuados de todos los elementos implicados en los procesos que dieron origen al impacto que se analiza. En Cuba, la Ley 81- sobre El Medio Ambiente, regula esta situación y oficializa la necesidad de la evaluación de los impactos que puedan afectar al medio ambiente, así como de las medidas y alternativas de solución que cada caso requiera.

En cada caso a analizar se requerirá de apreciaciones específicas y de medidas adaptadas al caso en sí y no tratar de dar soluciones generales o moduladas para todos los casos por igual. No obstante, se establecen metodologías que permiten aplicar direcciones técnicas de trabajo y nos guían para la ejecución de los proyectos a través de las medidas o alternativas que se proponen para cada lugar.

## 1.7 EL AGUA Y EL DESARROLLO VEGETAL.

La acción fotosintética activa ha sido tratada por diferentes autores, Kulicov (1967), Quintero (1986), Begon (1995), y otros, los que la consideran como la respuesta de una hoja a las variaciones del nivel de radiación incidente puede ser medida en forma de un aumento o una disminución de la materia seca en correspondencia con el régimen hídrico a que se someta la planta. La superficie foliar caracteriza el grado de utilización, por las plantas de aquella parte de la radiación solar que se denomina radiación fotosintéticamente activa (RFA) que crea la materia orgánica. Chazdon et al. (1996), estiman que la utilización de la luz en la fotosíntesis es, el mayor responsable de la producción en las especies vegetales” para lo que tienen en cuenta el contexto de la dinámica y la sucesión forestal. Para obtener una alta cosecha es necesario que la superficie foliar sobrepase en 4 ó 5 veces el área ocupada por el cultivo, con esta relación la actividad fotosintética se incrementa logrando la mayor acumulación de materia elaborada. Esta manifestación productiva se corrobora en los cálculos para determinar la producción de materia seca que se aplica en el proceso de evaluación para pronóstico productivo territorial en la que se utilizan variados métodos que relacionan diferentes factores.

Otro de los factores importantes para la actividad vital de las plantas es la temperatura del suelo la cual depende de la radiación solar y de las propiedades del mismo, el crecimiento y desarrollo transcurren normalmente sólo dentro de determinados límites de temperatura para cada especie y para cada período de su vida, aspecto físico que permite el análisis de intercambio entre la planta y el suelo y que es necesario para la clasificación agroproductiva de un territorio. Kellman & Tackaberry (1997), consideran que es uno de los principales en la planificación del uso del recurso agua por su alta incidencia productiva.

El estudio del ciclo hidrológico en el territorio y su aplicación en la satisfacción de la demanda hídrica zonal, se realiza en función de la determinación de la lluvia aprovechable, de la calidad del agua y sobre todo en la cuantía para conocer los procesos derivados de su comportamiento, al respecto Escarré (1996) considera que el calentamiento global podría modificar la pluviometría y/o la evaporación provocando excesos (suelos húmedos) y/o aridez (desertificación), además de las consecuencias desastrosas que esto conlleva.

La lluvia aprovechable es la parte de la lluvia caída que es aprovechada por la plantación o que se almacena en el suelo, para su determinación existen varias metodologías, Rey (1985) enuncia las siguientes: Savo (1979), Blaney – Criddle (1980), Ogrosky y Mocku (1980), USDA (1976), Pacheco et al. (1995) considera que durante la fase de explotación, la lluvia aprovechable se puede determinar aplicando lo siguiente:

a- Se determina la lluvia no aprovechada  $P_{na} = (W_p + P - W_{max.})$

b- Se establece el valor de la lluvia aprovechada por  $P_a = P - P_{na}$

c- Se compara si  $P_{na} < 0 = 0$  entonces  $P = P_a$ .

Donde:  $W_p$  = Reserva de humedad en el suelo previa a la lluvia;  $P$  = lluvia caída;  $W_{max.}$  = Reserva máxima. De aquí la importancia de un monitoreo sistemático sobre el aporte del bosque al ciclo hidrológico y la cuantificación de sus componentes, fundamentando la propuesta de áreas protegidas con interés investigativo como ocurre con la subcuenca El Mulo como embalse en áreas de cabecera de cauces.

#### 1.4 ORDENACIÓN Y DESARROLLO.

Al estudiar el desarrollo territorial se debe anteponer la aceptación de normas fundamentales que no permitan que el consumo de los recursos renovables no sea superior a su ritmo de regeneración natural así como la necesidad de optimizar el uso de los no renovables. Pearce y Turner (1995), corroboran esta afirmación

Mucho se habla del antagonismo entre desarrollo y conservación del medio o de la crisis ecológica que existe producto del consumismo exagerado de recursos no renovables y/o por el uso excesivo de los que se consideran renovables que se usan sin tener en cuenta su tiempo de recuperación, el uso y manejo de los recursos naturales se planificará para lograr minimizar los impactos negativos al medio, cuestión que se muestra en el desarrollo de este trabajo

Teniendo en cuenta la relación que debe existir entre las especies y el lugar en que se desarrollan, no se puede desconocer el comportamiento o dinámica del medio en la que se definen caracterizaciones específicas de cada lugar, esta consideración posee un historial investigativo que se inicia en el siglo XIX en Cuba, en Pinar del Río, a principios del siglo XX en la zona de San Juan y Martínez, que se vincula con la fenología del cultivo del tabaco además de compilar los datos sobre las variables meteorológicas de la zona.

Los aspectos climáticos han tenido muchos investigadores que han dejado su huella en el historial meteorológico de la provincia contribuyendo a su caracterización climática, entre ellos tenemos: Trusov y Davitalla (1967 y 1972) y Samek y Travieso (1978), que aplicaron métodos de clasificación climática de relevancia internacional que adecuaron a nuestras condiciones, además, Borhide (1986), Gutiérrez (1988), Lopetegui (1994) y otros. Las clasificaciones utilizadas han sido las de Koppen, Gaussen y Blair, para este trabajo se utilizaron datos compilados por el Departamento de Meteorología del CITMA, que sirvieron para el establecimiento de las características que definen la cuenca de estudio, donde se aplicó el método de la caracterización hidrotérmica del académico Selianinov (1972). El mapeo y elaboración de gráficos, se realizó acorde a los requerimientos de la cuenca estudiada y teniendo en cuenta su presentación, funcionalidad y facilidad de comprensión de los datos aportados.

El suelo como base de todo desarrollo social, posee una importancia vital en lo referido a su participación en todas las actividades que sobre ordenamiento integral se realicen en cualquiera de los órdenes que lo forman, en su cuidado en el uso y manejo que de él se realice, se mantendrá como recurso o no para el futuro de nuestra especie.

En los avances tecnológicos que permiten un mejor trabajo investigativo sobre el suelo, se encuentran los Sistemas de Información Geográfica, los que permiten un acercamiento definido en la problemática del suelo, a tales consideraciones, Alier Gandaras (1996) estima que el uso del suelo, implica una ocupación organizada del territorio seleccionando las actividades según sus fines, en correspondencia con las condiciones naturales del medio en los que se ubican, lo que está acorde con la aplicación de métodos y algoritmos que relacionen al medio y al cultivo.

Investigadores sobre suelos se asentaron en la provincia de Pinar del Río; a partir de 1920 y en 1926, Bennet y Allison describen los suelos de la provincia que sirvieron de base para la clasificación general de los Suelos de Cuba. No es hasta 1961, con la creación de la Dirección de Suelos y Fertilizantes del INRA, que se acometen investigaciones de carácter territorial y se realiza el muestreo para el levantamiento de suelos escala 1:50 000, para la

primera clasificación en series y tipos de suelos, los mapas de Pendientes y el de Condiciones de Erodabilidad se concluyen en los primeros años de la década de 1970, documentos que se toman como base para el Mapa de Suelos que se presenta y que se actualiza a partir del levantamiento escala 1:25 000, a partir de la segunda clasificación genética y de la considerada por la FAO (1992) y que son utilizadas en la categorización agroproductiva a que se refiere este trabajo.

Se conoce que el nivel que alcance el pH del suelo será determinante para el desarrollo adecuado de las especies vegetales, lo que se hace evidente en nuestros suelos arenosos, generalmente ácidos y poco fértiles. La velocidad de infiltración enmarca la condición acerca del drenaje interno de cada tipo de suelos, (se muestran en los casos de estudio de esta tesis) en este parámetro se realizaron las pruebas hidrofísicas de los suelos aplicando el método de anillos concéntricos y el de surcos cerrados, para su clasificación de suelos para el riego y drenaje.

Se debe considerar como premisa iniciadora, que la principal medida en ordenación, consiste, sin embargo, en destinar al suelo fundamentalmente al uso que esté acorde con su capacidad agrológica. Con esta consideración presente, se podrá determinar el área que ocuparían otras comunidades vegetales para lograr una correcta utilización de la tierra, que permitiría evaluar las posibilidades hídricas de un cauce, total o parcialmente distribuidas, y la gestión podría llevarse al plano transversal de las investigaciones en función de las potencialidades y predecir o pronosticar el resultado a obtener a partir del recurso agua como hilo conductor del ordenamiento zonal.

## 1.5 EL AGUA Y SU INFLUENCIA TRANSFORMADORA.

Acercas del agua, la humanidad ha especulado en grandes proporciones y siempre coincide en que sin agua no hay vida, así también personalidades influyentes han opinado como; Mayor Zaragoza (1996), estima que “este recurso escasea por la explotación excesiva a que se ha sometido dado por una humanidad numerosa, consumista y contaminante”. Estas estimaciones presentan señales de alarma numerosas e imposibles de ocultar tales como el agotamiento de las capas freáticas, agotamientos de lagos y ríos, contaminación creciente, desertificación en aumento, y otras más, las que se manifiestan en el área de estudio en que se realiza este trabajo, partiendo de las realidades de hoy, se puede solucionar en parte esta situación siempre que introduzcamos tres condiciones indisolubles: 1-Poner la técnica en su lugar; 2- Medir las posibilidades pero también los límites admisibles por el ecosistema que se utilice y 3- sobre todo considerar fundamentalmente una legislación hidráulica conducente a la eliminación de acciones superfluas que no responden a la sostenibilidad de las comunidades.

Según diferentes fuentes de información, poca gente se da cuenta de que el agua dulce es un producto escaso ya que el 97,5% es salada y el 2.5% es dulce, pero de ella: 70% congelada; 29% en posiciones muy profunda o en forma de vapor; sólo el 1%(exactamente el 0.007%) es de fácil acceso. Como datos curiosos del poder modificador del agua sobre el medio y sobre los hombres, veamos que 460 millones de personas carecen de agua y el consumo se realiza con diferencias muy marcadas entre los consumidores según el país y la región geográfica en que viva, por ejemplo:

Un Malgache consume 10 l/día, un Francés 150 l/día y un norteamericano, 425 l/día; compare.

En cualquier caso se impone la necesidad de crear sistemas que regulen la gestión del agua pero según criterios que sean integradores de las necesidades del desarrollo y de los ecosistemas actuales.

En Enciclopedia Encarta (1999) en su artículo sobre Cuencas Hidrográficas, se considera que: “Los patrones hidrográficos son dinámicos, evolucionan como resultado de la acción del agua, que erosiona, transporta y deposita rocas y sedimentos en los márgenes del canal. El cambio abrupto de dirección que suele tener lugar en el punto de captura forma un ángulo muy marcado que se denomina “codo de captura”. En el caso del río Cuyaguaje, se plantea que su cauce inferior haya sido producto del fenómeno descrito anteriormente.

El papel fundamental que desempeña la vegetación, principalmente los bosques, sobre la escorrentía es el de modificar la forma en que estas aguas acceden a los cauces. De los estudios de Molchanov (1966), Bosov y Agapova (1984), es oportuno señalar la influencia de la superficie ocupada por bosques en una cuenca se relaciona con el coeficiente de escorrentía superficial de la forma que se muestra el Cuadro siguiente:

% Superficie boscosa	0	10	20	30	40	50
----------------------	---	----	----	----	----	----



% Escorrentía Superficial.	65-75	25-45	18-25	14-20	10-15	8
----------------------------	-------	-------	-------	-------	-------	---

La evaporación es diferente, según la composición de la cubierta. Al aumentar la edad y disminuir la espesura de la masa forestal, la evaporación tiende a aumentar. La transpiración en diferentes espacios arbóreos encuentra como factor más influyente la temperatura del aire. La cubierta vegetal, al favorecer los procesos de infiltración, propicia la inestabilidad de las laderas y taludes, que pueden ponerse en movimiento por la incorporación del agua y el consiguiente aumento de peso y/o la disminución de la resistencia al corte. Esta cuestión, de gran importancia hidrológica, fundamenta la propuesta de estudios dirigidos para áreas productivas y para las laderas de los cauces emisores.

Es evidente el carácter determinante que toma el relieve en el fenómeno erosivo, este aspecto ha sido tratado por diferentes autores que coinciden en señalar los factores de intensidad de la lluvia, de la pendiente del terreno y el tipo de suelo, como los que inciden directamente en la erosión que se produce en las cuencas, a este respecto Lal. (FAO 1981), formula esta situación a partir del momentum de la energía cinética de la escorrentía, de la intensidad de la lluvia y de la precipitación total ocurrida en el evento medido. Según Kinnell (1973), esta expresión puede expresarse por su equivalente en  $(J/m^2 s)$ , sobre esto, Pérez Domínguez (1989), y otros investigadores, estiman que la acción erosiva de la lluvia es proporcional al grueso de la gota y a la altura de su caída, esta afirmación puede estar referenciada a lo planteado por Lebedev (1978) que considera este aspecto relacionado con el caso de riego por aspersión, ya que el grosor de la gota puede determinarse bien por la relación entre la carga (H) y el radio de alcance del aspersor (R) o por la relación entre (H) y el diámetro de la boquilla.

Con relación a los aportes de las precipitaciones al escurrimiento de los cauces, Cid Lazo 1988, al referirse al movimiento territorial de la lluvia, se realiza de un área donde la tensión es baja a otra donde la tensión es alta coincidiendo con Rubiera (1999) y con otros meteorólogos que se basan en las leyes físicas que dominan este fenómeno. El proceso de infiltración antecede al de almacenamiento del agua y al consecuente uso por las plantas. Por lo tanto, puede considerarse como un proceso regulador del uso del agua. En prácticamente todos los casos resulta deseable maximizar la infiltración, ya que el incremento reduce los riesgos de erosión y de inundación del terreno, intensidades superiores a la velocidad de infiltración estabilizada, provocan escurrimientos superficiales directamente proporcionales a sus diferencias. Los métodos para calcular la infiltración en el suelo son variados: Kostiakov (1932); Lewis y Milne (1938); Philip (1954) Haise et al. (1956); Soil Conservation Service (1964) Christiansen et al. (1966); Israensem y Hansen (1975).

La frecuencia de las lluvias naturales es determinante en las condiciones de los terrenos, y en una frecuencia corta, el riesgo de escorrentía superficial, aún en lluvia de intensidad baja, se eleva y con eso aumenta la posibilidad de arrastres y/o derrumbes en riveras poco resguardadas, en relación directa con la velocidad que adquiere la circulación del agua sobre la superficie, que se vincula proporcionalmente a la pendiente del terreno y al tipo de suelo que lo cubra, esta relación se manifiesta teóricamente de la siguiente forma, según Suárez de Castro (1970).

- a- La velocidad del agua varía con la raíz cuadrada de la pendiente entre dos puntos; y su energía cinética de acuerdo con el cuadrado de la velocidad
- b- La cantidad de material de determinado tamaño que puede ser arrastrado por el agua varía con la quinta potencia de la variación de la velocidad.
- c- El tamaño de la partícula que puede ser transportada por rodamiento varía con la sexta potencia de la variación de la velocidad del agua.

La valoración del impacto que puede provocar la variabilidad de la intensidad de la lluvia, para la toma de medidas de conservación, se debe realizar a partir de estas indicaciones, considerando lluvias de diferentes probabilidades en cada zona en que se subdivide la cuenca.

Para valorar a la escorrentía superficial directa que circula por la superficie del terreno hacia los cauces, se realiza mediante la instalación de pluviómetros en la propia cuenca y por aforos de los caudales en la red, en el área de estudio se cuenta con una red pluviométrica suficiente para la caracterización del régimen pluviométrico de cada uno de sus tributarios al cauce. Uno de los problemas que siempre se presenta en pequeñas cuencas, es la ausencia de

aforos, en series suficientes que permitan establecer escurrientías mensuales, de forma que el balance hídrico pueda ser calculado. Otro es el cálculo de escurrientías correspondientes a precipitaciones máximas de determinada recurrencia para la evaluación de los caudales máximos. Es de señalar que la aplicación del Método de Batista (1982), se utiliza para resolver esta problemática. Unido a este enfoque para la determinación de la escurrientía o escurrimiento superficial de una cuenca hasta el punto de estudios, Escarré (1996), plantea que la determinación de la evapotranspiración real del bosque en una cuenca se determina por:

$$P = A + ETR + dS = \text{mm/año}''$$

Donde: P= Precipitación anual (mm)

A= Avenamiento de la corriente (mm) (Escurrimiento superficial)

ETR= Evapotranspiración real (mm)

dS= Agua retenida por el suelo (mm)

Estas apreciaciones y métodos analíticos, se utilizaron en la determinación de la evapotranspiración real de los bosques de coníferas en la subcuenca de la presa "El Mulo", detallando el Método de Batista para el cálculo del escurrimiento medio anual para la región occidental de Cuba, además, se establecen nuevas alternativas de cálculo a partir de la consideración de que la cuenca de El Mulo se ubica sobre pizarras de la formación San Cayetano que se comportan casi impermeables.

Con estas consideraciones podemos avalar esta fundamentación teórica de lo que sobre gestión hidráulica será necesario realizar para que se evite la continuidad de las prácticas indebidas sobre el uso y manejo de los recursos naturales de una cuenca hidrográfica.

## 1.6 VEGETACIÓN. EVALUACIONES.

El aspecto de la vegetación se tratará a partir de los estudios realizados en el territorio de la zona occidental de nuestra isla, ejecutados por diferentes autores como Borhidi (1996), Samek (1980) y del Risco (1976), los que establecieron pautas que seguimos en este trabajo, tal como la regionalización fitogeográfica de las áreas incluidas en la cuenca, denominándose distrito Viñalense; Pinarense y Sabaloense. En cada uno de ellos se puede discutir sobre geología, clima, flora y vegetación. De especial interés es el señalamiento acerca de los crecimientos y los gradientes climáticos donde se pone de manifiesto la forma de comparar la satisfacción de las necesidades naturales que presentan las plantas y sus manifestaciones sobre el índice del área foliar y su relación con la humedad, la temperatura y otros factores zonales.

Sobre la importancia de la vegetación, las consideraciones de López Cadena de Llano (1995), sobre su aporte a los suelos son muy apreciadas en este trabajo, al contribuir con las condiciones microambientales que permiten el desarrollo de la biomasa microbiana. Otra obra interesante sobre vegetación la constituye la descrita por Betancourt Barroso (1987), donde se presenta al refinamiento del bosque, así como a los tratamientos silviculturales, contribuyentes con el mantenimiento de la fertilidad del suelo, (Samek 1974) también estima que contribuye a incrementar la regeneración natural.

En el estudio sinecológico Los pinares de la provincia de Pinar del Río, Cuba, Samek (1989), plantea la ubicación de los pinares en los diferentes ecosistemas que conforman el territorio, realiza un recuento de las poblaciones forestales que existían en diferentes etapas históricas, por lo que puede considerarse una fuente de datos que permite comparar las realidades actuales. En cuanto a la distribución, *Pinus tropicalis* ocupa un área más limitada que *Pinus caribaea*. *Pinus tropicalis* tiene su límite oriental aproximadamente en una línea que parte desde el occidente de Cajalbana hasta San Diego de los Baños, mientras que *Pinus caribaea* penetra en forma de cayos aislados casi hasta el límite oriental de la Sierra del Rosario. Ambos pinos, difieren bastante en cuanto a sus exigencias ecológicas. Tanto en la región de la llanura acumulativa arenosa, como en Alturas de Pizarra, se manifiesta que el *Pinus tropicalis* soporta inferior humedad y fertilidad del suelo, y que *Pinus caribaea* se presenta comúnmente en el deluvio o en las depresiones y falta en ecotopos extremos, ocupados por *Pinus tropicalis*.

Los pinares de Pino Macho, (*Pinus caribaea*), como resulta ya de su combinación diferencial, son florísticamente más ricos que *Pinus tropicalis* (Relación promedio 66:31 taxa). Ambas asociaciones de pinares se distinguen claramente por su estructura.

En los suelos extremadamente secos y pobres, las condiciones edáficas impiden la existencia de *Pinus caribaea*. En los edatopos relativamente más favorables, que le convienen tanto a *Pinus tropicalis* como a *Pinus caribaea*, ésta última posee mayor poder competitivo y desaloja al *Pinus tropicalis*. También sobre pinares, ubicados en sabanas de arenas blancas, se confirma que los pinares de esta región, están representados más bien por fragmentos fuertemente afectados. Se puede afirmar que la Vegetación dominante de las arenas blancas eran bosques de pinos (en sentido geobotánico), aunque claros y en algunos casos hasta ralos, y no sabanas verdaderas, transformadas por la acción directa o no del hombre; Borhidi y Herrera (1977) las llamaron “sabanas semi antrópicas”, al considerar que estos ecosistemas de pinares abiertos son sabanizables por una influencia antrópica mínima.

Los estudios realizados por Urquiola, González, Chile y otros completan los anteriormente señalados y constituyen fuentes de consulta obligada para la realización de trabajos en flora y vegetación de la provincia, de ellos se utilizan sus obras en varios capítulos de este trabajo.

## 1.7 OBJETIVOS.

Con los antecedentes justificativos de este trabajo, se emiten los objetivos siguientes:

- Contribuir en la ampliación de las perspectivas de uso y manejo de la escorrentía del río Cuyaguaje acordes con sus potencialidades, teniendo como base el resultado de la exploración investigativa que resulte del diagnóstico de todo el territorio, a través de las propuestas de vinculación con las áreas de cultivos, pecuarias o forestales que se planifiquen en el diseño de ordenamiento territorial que se realice.
- Aplicar nuevas formas de análisis para la determinación de usos agrícolas y forestales fundamentadas en las combinaciones de clima y suelo y de las exigencias naturales de las especies a plantar como vía para alcanzar los mayores resultados con el menor costo productivo y mayor estabilidad ecológica.
- Colaborar en la realización de planes contra desastres naturales en la esfera hidrológica a partir de la experiencia del Ciclón Alberto tomándolo de referencia para la determinación de las áreas inundables para diferentes manifestaciones de intensidades de lluvia a fin de evitar pérdidas humanas y disminuir pérdidas materiales del territorio.
- Introducir en la determinación del escurrimiento del río valoraciones diferenciadas acerca de la evapotranspiración de las formaciones vegetales sobre todo en las zonas que posean embalses de cabecera construidas en sustratos impermeables.
- Fomentar el conocimiento para el tratamiento de los impactos ambientales provocados por la acción del hombre mediante la instrucción técnica y profesional necesaria para cada comunidad de la cuenca, teniendo en cuenta las particularidades zonales y de un banco de problemas existentes a manera de tratamiento individual diferenciado, utilizando los centros de la enseñanza técnico profesional como base de realización pedagógica.
- Proponer nuevas áreas protegidas garantizando el cuidado y protección de especies en diferentes grados de afectación y presencia en cada territorio partiendo de diseños de Micro áreas protegidas y dirigidas hacia un fin investigativo definido.

## CAPÍTULO II: ÁREA DE ESTUDIO

A mediados del año 1997, se comienza a estudiar la situación que presentan las cuencas hidrográficas del país y se realizan las actividades de análisis y control de la problemática de estas estructuras naturales y se establece la Comisión Provincial de Cuencas Hidrográficas dirigidas por la Asamblea Provincial del Poder Popular y el CITMA y con la participación de todos los organismos que se vinculan con el uso y manejo de los recursos de las cuencas, en la provincia se comienza con la cuenca hidrográfica del río Cuyaguaje, que constituye el área de estudio en la que se basa esta investigación.

### 2.1 MATERIALES Y MÉTODOS.

*La delimitación de la cuenca tributaria se realiza utilizando hojas cartográficas de diferentes escalas las que se aplicaron teniendo en cuenta el objetivo de la tarea, así tenemos:*

- *Levantamiento de grandes extensiones homogéneas y bien definidas, hojas escala 1:50 000.*
- *Levantamiento de áreas de complejidad topográfica, no bien definida y con particularidades específicas interesantes para la investigación, Fotomapas, Fotos Aéreas y Hojas Cartográficas escala 1: 10 000.*
- *Presentación zonal para esferas determinadas (Suelos, Usos agropecuario – forestal, etc.), 1:100 000*
- *Presentación general ilustrativa de aspectos específicos, escala 1:250 000.*

*La actividad socio económica y cultural se explora a partir de encuestas, entrevistas y conversatorios con los habitantes y líderes de las comunidades y con los dirigentes políticos y administrativos de cada lugar.*

*Los datos climáticos, geológicos, agropecuarios, forestales y de otras esferas productivas y sociales, se entregaron por los organismos estatales rectores de cada actividad los que provienen de sus respectivos archivos.*

La caracterización hidrotérmica se realiza aplicando el Método de Selianinov (1977), ya que representa la integración de los factores más influyentes en el clima tropical (Lluvia y Temperatura).

Las isolíneas de evaporación se corresponden con los datos procesados por el método del Evaporímetro Clase A, que aparece en la información del Departamento de Meteorología del CITMA, los valores específicos zonales se corresponden con los datos procesados de las diferentes estaciones que concurren en la cuenca.

*La evapotranspiración potencial que se presenta en las diferentes zonas de la cuenca del río Cuyaguaje, se calculó aplicando en método de Penman que aparece en el estudio sobre este aspecto (León Coro1997).*

### 2.2 SITUACIÓN GEOGRÁFICA.

La cuenca del Río Cuyaguaje (Lat. 22E 00'N Long. 84E 00'W) tiene una superficie de 723 Km<sup>2</sup> por lo cual es la mayor de la provincia de Pinar del Río y de la región occidental de Cuba.

Está situada en el centro y sur occidente de la provincia, teniendo sus cursos superior y medios un rumbo NE-SW, mientras que su tercio inferior inflexiona, en las cercanías del poblado de Isabel Rubio, para tomar un rumbo NW-SE.

La posición latitudinal de la cuenca, similar a las demás de grandes dimensiones en el país, favorece el desarrollo de un volumen de escurrimiento superior a otras corrientes en zonas cárnicas de Cuba. Se

reciben en la cuenca aportes de las pizarras del Norte (Mal Paso, Jagualito, Frío y Guasimal), de la Alturas de Pizarras del Sur (Juan Alonso, Cantarote, Caliente, Arenales, Francisco, Majagua - Cantera, etc.), así como de la faja de mogotes (Quemado y Fuentes) y de las fuentes cársicas de la Llanura Meridional Occidental. Todos estos aportes en conjunto componen el escurrimiento natural de la cuenca. Estas descripciones se observan en el **Mapa Físico** de la Cuenca del río Cuyaguaje, elaborado a partir del Mapa Cartográfico 1:50 000 y representado a escala 1: 250 000.

## 2.3 GEOLOGÍA.

La cuenca del Río Cuyaguaje posee una clara diferenciación de las condiciones físico-geográficas, lo que constituye una característica que la distingue de muchas cuencas del país.

La estructura geológica es muy compleja y pertenece al tipo de mantos de sobrecorrimiento, aquí aparecen una variada litología de las series areno-arcillosa, vulcanógeno-sedimentaria y carbonatada, todas afectadas por un metamorfismo muy intenso. Esta variación en la litología da por resultado determinados tipos de relieve que predominan en la cuenca: montañas y alturas hacia el curso superior y medio, existiendo montañas bajas y alturas petromórficas de rocas carbonatadas; montañas bajas y alturas erosivas y erosivo-denudativas en rocas areno-arcillosas y areniscas cuarcíticas. Hacia el curso medio se atraviesa por una llanura denudativa en una polja marginal de contacto entre las rocas carbonatadas y las areno-arcillosas; en el curso inferior una llanura cársica aluvial y lacuno palustre en la primera mitad del tercio inferior y una llanura marina lacuno palustre, hacia la otra mitad del tercio inferior hasta la costa. Es relevante por el área que ocupa y por su importancia, la morfología cársica, dentro de la cual predominan los mogotes, los hoyos de montaña y las colinas. Las diferentes formaciones geológicas se representan en el **Mapa Geológico** elaborado por el Fondo Geológico provincial para el diagnóstico y que se anexa en escala 1:250 000 de forma representativa.

## 2.4 SUELOS.

El territorio presenta variados tipos de suelos:

Clave	Denominación	Area (Ha)	%
II	Ferralítico Rojo	6300	9.0
III	Ferralítico Rojo Lixiviado	3300	4.7
IV	Ferralítico Amarillento	0075	0.1
V	Ferralítico Cuarc. Amarillo Lixiviado	2600	3.7
VI	Ferralítico Cuarc. Amarillo Rojizo Lixiviado	3500	5.0
VIII	Fersialítico Pardo Rojizo	1000	1.4
X	Pardo con Carbonatos	2500	3.6
XXVI	Aluvial	2000	2.9
XXVII	Arenoso Cuarcítico	5900	8.4
XXVIII	Esquelético	31135	44.4
Cg	Ciénagas	1600	2.3
Lag	Lagunas	1400	2.0
R	Macizo Rocoso	8800	12.5
<b>TOTAL:</b>		<b>70 110</b>	<b>100.0</b>

Esta relación se establece a partir de la segunda clasificación genética y se relaciona con las series descritas por Bennett & Allison en 1928 al realizar la primera publicación acerca de los suelos cubanos,

se adecua a las indicaciones de la metodología para la clasificación de los suelos por sus categorías agrológicas establecidos por el Instituto de Suelos y Fertilizantes del Minagri aplicada en 1976 y actualizada con nuevos aportes, que se tienen en cuenta en este trabajo, en 1988, es además, compatible con la clasificación internacional propuesta por la FAO (1990).

#### **2.4.1 Síntesis de las principales características de los suelos.**

**II- Ferralítico Rojo:** Muy homogéneo en cuanto a color y textura. Es rojo, friable, de textura loam a loam arcilloso. De reacción ligeramente ácida ocupa posiciones relativamente altas, de buen drenaje y pendientes suaves. Es productivo y de mediana fertilidad. Están sustentados generalmente sobre caliza dura o corteza de meteorización ferralitizada o caolinizada.

**III- Ferralítico Rojo Lixiviado:** Este tipo también se caracteriza por tener un perfil rojo, aunque menos acentuado, y con menos contenido de arcilla, es friable, de topografía casi llana a ondulada. Es de mediana fertilidad y productivos y se sustenta sobre corteza de meteorización ferralitizados o caolinizados. Al igual que el tipo II presenta buen drenaje y reacción ligeramente ácida a ácida.

**IV- Ferralítico - Amarillento:** Este suelo se distingue de los dos tipos anteriores por poseer un horizonte B de gran espesor de color amarillo rojizo y ser menos permeable, ocupa posiciones intermedias con relación al drenaje, es de topografía casi llana.

**V- Ferralítico cuarcíticos Amarillo Lixiviado:** El perfil de este suelo consta de un horizonte superficial arenoso de color pardo claro a pardo amarillento, siendo el horizonte B amarillo. Está sustentado sobre corteza de meteorización caolinizada. Posee buen drenaje y la topografía varía desde casi llana a alomada. Es de baja fertilidad natural, aunque responde muy bien al riego y la fertilización. Es de carácter ácido.

**VI- Ferralítico Cuarcítico Amarillo Rojizo Lixiviado:** Este suelo es muy parecido al suelo V. Se diferencia principalmente en que posee un horizonte B- Amarillo Rojizo. Es de baja fertilidad natural pero bajo condiciones de cultivo es productivo.

**VIII- Fersialítico Pardo Rojizo:** Las características principales del perfil son: un Horizonte A pardo a pardo algo rojizo de textura arcilloso o loam arcilloso. Sobre un horizonte B arcilloso pardo amarillento. Excepcionalmente puede presentar algún carbonato en el perfil pero sin constituir una característica principal. Es ondulado o alomado y puede estar sustentado sobre diversos tipos de rocas. Es de reacción ligeramente ácido o neutro.

**X- Pardo con Carbonatos:** Este tipo se caracteriza por poseer perfil arcilloso, con horizonte superficial pardo sobre subsuelo amarillento presenta acumulaciones de carbonatos en el perfil, aunque el horizonte superficial puede no ser carbonatado. Se sustenta sobre calizas diversas y su topografía varía desde ligeramente ondulada hasta alomado.

**XXVI- Aluvial:** La característica más común de los suelos que se agrupan aquí, es que aparecen cercanos a las márgenes de los ríos y arroyos y que a través del perfil, existen cambios texturales, que indican que el suelo se ha formado por el arrastre de diferentes materiales a través de las corrientes fluviales.

**XXVII- Arenoso Cuarcítico:** Este tipo se caracteriza por poseer perfil arenoso muy homogéneo. El contenido de arena es muy alto, por lo que es de baja fertilidad natural, de drenaje excesivo y posiciones variables. Es de topografía llana o casi llana. Es de carácter ácido.

**XXVIII- Esquelético:** Este es el tipo más abundante y corresponde a todas las áreas de pinares contenidas en las cuencas además de algunas áreas de suelo V- muy erosionadas. Consta de una fina capa

superficial (horizonte A) de textura arenosa sobre la roca subyacente que se alcanza a 10-30 cm y mayormente consta de esquistos o pizarras cuarcíticas. La topografía es de ondulada a alomada.

Ciénagas, lagunas y áreas rocosas. Hay un 4,3% de áreas de pantanos y lagunas, además de existir un 12,5% ocupado por el macizo rocoso.

La ubicación en el territorio de los principales tipos genéricos de suelos se observan en el **Mapa de Suelos** de la Cuenca Hidrográfica del Río Cuyaguaje, que se elaboró a partir del mapeo escala 1:50 000 (1979), detallado por el levantamiento 1:25 000 (1990) y representado en escala 1:250 000 para este trabajo.

## **2.5 CLIMA.**

El territorio de la República de Cuba está ubicado en una zona de clima tropical. Los rasgos del clima están determinados por estar situado al suroeste de la periferia del Máximo Noratlántico; en la zona ínter tropical, casi tangente al trópico de Cáncer; Coraza y Quintero (1991), señalan que: *se corresponde, según la clasificación climática solar, a la zona tórrida de la Tierra.*

Las regiones climáticas pueden clasificarse en función de varios parámetros, como la temperatura, la precipitación, la presión, el viento e incluso la vegetación (Koppen 1948), Constanstino (1951), Torres (1981), Jromov (1983), Coraza y Quintero (1991). Para que representen la situación real debe combinarse el máximo número posible de factores climáticos y establecerse muchas categorías, lo que resulta sumamente complicado.

Kellman y Tackaberry (1997), destacan la importancia de las caracterizaciones climáticas zonales para el desarrollo de programas de uso y manejo en el funcionamiento y dirección de los ecosistemas tropicales, lo que valida la necesidad de una relación directa entre el clima y el desarrollo territorial de estos ecosistemas. Partiendo de la distribución de los tipos generales de climas en latitudes tropicales, según Koppen-Geiger (1986), recomiendan un estudio detallado en lugares específicos como vía validante del comportamiento de diferentes factores climáticos que permiten la corroboración de la clasificación presentada y sus parámetros más relevantes para cada lugar estudiado.

En la caracterización zonal de la cuenca en sus diferentes cursos (superior, medio e inferior), tomamos de referencia a la clasificación realizada por Borhidi (1974), donde se señalan tres zonas climáticas:

4 d= Invierno seco de clima tropical con 1 - 2 meses secos.

4 c= Invierno seco de clima tropical con 3 - 4 meses secos

5 b= Clima tropical moderado con 5 - 6 meses secos.

Los datos considerados se corresponden con los valores medios para muchos años y que se analizaron de los registros sistemáticos de las estaciones meteorológicas y de los puntos pluviométricos que se muestran en los mapas específicos, todos los puntos sobrepasan los 25 años de compilación lo que hace confiable el dato utilizado, para su determinación se utilizaron los métodos estadísticos establecidos por el sistema de información climática que utiliza el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (IRNH)

Por ser un territorio largo y estrecho, ubicada en el sentido de los paralelos terrestres, Cuba presenta leves variaciones climáticas en su territorio. El ritmo anual de la temperatura es típico para los trópicos. El régimen de las precipitaciones es el característico para la América Central, mayor cantidad en verano y menor en invierno. Debido a esto el año se divide en período húmedo (V-X) y período seco (XI-IV). *Por el territorio cubano atraviesan ciclones tropicales que nacen en el Océano Atlántico, en la parte sur de la zona de los Alisios y en el Mar Caribe. Con mayor frecuencia se observan en septiembre y octubre, abarcando desde el mes de mayo hasta noviembre. El paso de estos ciclones está seguido de copiosas lluvias, las cuales sobrepasan la norma anual. La velocidad del viento en estos ciclones alcanza en distintos casos hasta 300 Km/h, siendo la región occidental la más afectada por estos eventos, siendo*

*Octubre el mes de mayor incidencia en la temporada, para una idea de esta situación baste decir que de 1950 al 2000, por nuestra región cruzaron 18 de estos fenómenos en este mes (Rubiera 2001).*

### **2.5.1 Temperatura del aire.**

Una caracterización del régimen de la temperatura para la zona en estudio se realiza por los datos de las estaciones hidrometeorológicas del río Cuyaguaje durante los años 1977-1997. Según el informe climático del CITMA 1995, la temperatura media anual es igual a 25.1 °C siendo los meses de julio y agosto los más calurosos del año y enero el más frío. Se observan meses fríos en los territorios de los cursos superior y medio, no siendo así en el curso inferior donde la diferenciación térmica en los meses de invierno y verano no es muy acentuada. Lecha (1989), citado por Quintero (1991), afirma que: *en Cuba existen épocas del año muy bien diferenciadas, el verano dura de 6 meses y el invierno de 3 a 5 meses, el resto del año son meses de transición.* En la obra citada se plantea que existe un gradiente térmico vertical con valores entre 0.6 y 0.8 °C/100 m según la zona de que se trate, con respecto a los efectos de la orografía en la temperatura, Satterlung & Adams (1992), retomando los trabajos de Geiger (1959), *la variación de intercambio de energía calórica se manifiesta con un gradiente de 0.6°C/100 m para zonas tropicales húmedas. Las máximas absolutas registradas no sobrepasan los 37°C y las mínimas no han sido menores de 3°C.*

### **2.5.2 Humedad Relativa.**

La humedad relativa tiene poca variación especial en la cuenca, manteniendo un promedio anual de 80.0%. Los meses con mayor humedad relativa son los de verano condicionando el aumento de humedecimiento (mayo - octubre)(CITMA 1995). En los meses de invierno la humedad relativa es menor, en general, los meses de menor humedad relativa se ubican entre Marzo y Abril. Esta información corrobora lo señalado por Quintero (1991), Borhidi (1994), Samek y del Risco (1989), para la región en general.

### **2.5.3 Precipitaciones.**

El régimen de las precipitaciones está determinado por procesos sinópticos, por la actividad ciclónica y por la orografía del lugar. Una red de pluviómetros (26) que se tiene en el territorio de la región permite en suficiente medida caracterizar las particularidades de las precipitaciones por zonas.

La precipitación media anual de la cuenca es de 1447 mm. Si se observan los datos, podemos comprobar que esta lámina se distribuye desigualmente sobre el territorio de la cuenca correspondiendo a las zonas amogotadas de la Sierra de los Órganos las mayores precipitaciones 2040 mm y disminuyendo hasta 1190 mm en las áreas aledañas a la parte sur de la cuenca (INRH 2000). Para la descripción de la distribución territorial de las precipitaciones se construyó el Mapa Isoyético de las normas de las precipitaciones. Los aguaceros en Cuba que forman las lluvias máximas mensuales pueden ser de procedencia ciclónica o conductiva. La mayor intensidad la alcanzan las precipitaciones en tiempo de paso de ciclones tropicales.

En la cuenca del Cuyaguaje se nota al igual que en otras zonas montañosas de la provincia de Pinar del Río, que la distribución de las precipitaciones responde fundamentalmente a las causas señaladas por Trusov y otros (1977), cuando plantea en primer término, que las distintas regiones del territorio nacional experimentan diferente influencia de los procesos atmosféricos, condicionado por el sistema general de la circulación del aire; en segundo término, la compleja estructura de la isla, con grandes contrastes topográficos, influye notablemente sobre los procesos de formación de las precipitaciones y en tercer término, se considera que el calentamiento irregular de la superficie de tierra firme y de las aguas costeras influye sobre las precipitaciones, a esto Satterlung & Adams (1992), añaden el efecto de las zonas boscosas sobre las lluvias, con respecto a los mecanismos influyentes en las precipitaciones, Richards



(1996) señala que, para las islas, la mayor influencia la ejercen las brisas marinas y que para el interior del país, las lluvias son convectivas. (Ver **Mapa Isolíneas de Precipitación Media Anual**)

#### **2.5.4 Evaporación.**

En la provincia se llevan observaciones regulares de la evaporación desde la superficie acuática con ayuda de los Evaporímetro de clase “A”. Los valores de cálculo de la evaporación desde la superficie acuática y su distribución por meses se dan en los anexos climáticos, siendo la evaporación media anual de 2 120 mm lo más importante es su distribución y comportamiento diario ya que según Bruenig (1996), *períodos prolongados de alta actividad evaporante, influyen sensiblemente en el desarrollo de las especies vegetales*. Con los datos de las estaciones meteorológicas del área, se realizó el

#### **Mapa de Isolíneas de Evaporación.**

#### **2.5.5 Radiación Solar (Insolación).**

La posición de la cuenca que estudiamos, presenta una media de horas luz que indica un alto grado de nubosidad en su territorio al grado de tener como media que los días serán entre 3/8 y 4/8 nublados, lo que puede afectar las especies heliófitas en su desarrollo. La insolación relacionada oscila entre 6.5 y 8,7 horas/día (real), contra un potencial astronómico de 10.9 a 13.6 horas/día, lo que corrobora la incidencia nubosa en todo el territorio. Las particularidades de este factor se observan en los Mapas Climáticos de cada sub-región.

Resumiendo las condiciones climáticas, éstas pueden caracterizarse según índices agrometeorológicos en los que se evalúe el carácter de la sequía que pueda representar en el contexto de un período (decena, mes) la acción conjunta de varios elementos climáticos de cada zona, para esto, se realiza el gráfico Caracterización hidrotérmica, por el método de G. Selianinov (1977) para cada sub-región estudiada, que se presentan en los gráficos climáticos correspondientes (Ver Capítulo III). En correspondencia con los planteamientos de Adams (1996), la clasificación regional de la cuenca se corresponde con la siguiente clase climática: Tropical Húmeda Estacionaria, (con largo período húmedo y significativa estación seca), donde crecen bosques siempreverdes de carácter estacionario; Lopetegui et al. (1997-CITMA), lo clasifican como tipo III (Verano cálido - Húmedo 0e invierno Fresco - poco lluvioso).

En la representación gráfica de factores ambientales, se presenta diferenciadamente la condición climática temporal (frío, fresco, calor) u otra condición natural que caracteriza la zona o lugar, lo que permite su inclusión en el análisis que conlleva la ubicación de las especies acordes con las exigencias naturales y las condiciones que brinda el ecosistema en que se desarrolla, de esta manera se caracterizan todas las zonas de forma general, ya que en el análisis territorial se detallan mejor como en el ejemplo aplicado en el municipio Minas, se aprecian estas diferenciaciones en cada mes del año, lo que indica la derivación gradual del método para su aplicación territorial. También en esta forma se combinan datos que referidos a un mismo factor, integra sus potencialidades, lo que permite una visión rápida y confiable de sus características a fin de referenciarlas con la esfera productiva en que actúe.

### **2.5 VEGETACIÓN.**

La vegetación existente en la zona, responde a las descripciones realizadas por diferentes autores, entre los que se destaca Urquiola (1993-2000); Chile (1998), González (1999), Borhidi (1994), Samek & del Risco (1989) y otros, la que presenta la composición siguiente:

- Bosque de galería.
- Helechales.
- Matorral xeromorfo secundario
- Bosques de pinos en llanuras (A. Blancas)

- Bosques de pinos en alturas de Pizarra
- Bosques semideciduo notófilo.
- Complejo de vegetación de mogotes.
- Bosque siempreverdes micrófilo.
- Robledales.
- Vegetación hidrófila en cuerpos de agua.
- Vegetación hidrófila en corrientes fluviales.
- Vegetación de ciénagas.
- Bosque de mangle.

De acuerdo con las condiciones climáticas existente en cada una de las partes estructurales de la cuenca, se presenta una relación entre éstas y la vegetación que se manifiesta de la siguiente manera (Samek, 1989)

Precipitaciones (Rango en mm)	Época Seca (meses)	Vegetación zonal
1300 - 1700	1 - 2	Bosque siempreverde con índices estacionales
1000 - 1500	3 - 5	Bosque semicaducifolio
< 1000	5 - 8	Bosque xerofítico.

### 2.6.1 Caracterización de las formaciones vegetales más comunes en el área de estudio.

En los pinares el estrato arbóreo está representado por los pinos y palmas fundamentalmente, siendo sus elementos específicos *Pinus caribaea*, *Pinus tropicalis*, *Colpothrinax wrightii*, *Copernicia glabrescens*, *Coccothrinax miraguama* var *arenicola* y *Acoelorrhaphe writhtii*. El estrato arbustivo lo compone un mayor número de especies, entre ellas tenemos: *Byrsonima crassifolia*, *Byrsonima pinetorum*, *Byrsonima wrightiana*, y *Ouratea nitida*, *Tabebuia lipidophylla*, *Choyso balanus icacu* var. *pellocarpus*, *Lyonia myrtilloides*, etc.

En el estrato herbáceo se presenta la mayor riqueza florística con numerosas especies típicas y muchas de ellas endémicas de las sabanas o pinares sobre arenas.

En las partes más xerofíticas hay presencia de suculentas como *Opuntia dillenii*, *Harrisia eriophora* y *Selenicereus grandiflorus*. Por parte de las epífitas se encuentran *Encyclia phoenicia*, *E. grisebachiana*, *Tillandsia flexuosa*, *Tillandsia valenzuelana*, *Tillandsia fasciculata*, *Tillandsia recurvata*, *Tillandsia bulbosa* y lianas como *Cynachium savannarum*, *Smilax havanensis*, *Centrocoma virginianum*, *Davilla rugosa*, *Ipomea microdactyla*, *Angadenia lindeniana* *Mesechites rosea*, entre otras.

La vegetación acuática es característica en la parte inferior de la cuenca, tanto en las lagunas como en el propio cauce del río. Dentro de las especies libremente flotadoras, hay algunas que en cierta época del año (mayo) llegan a cubrir aproximadamente el 90% de la superficie de los cuerpos de agua. Entre estas especies se encuentran: los helechos acuáticos *Salvinia auriculata*, *S. natans* y *Azolla caroliniana*, que son fácilmente transportadas por la acción del viento, por lo que ocupan mayormente los lugares más protegidos del embate del mismo. Las especies hidrófitas o helohidrófitas, que enraizan en el fondo con hojas flotadoras, están representadas por *Nelumbo lutea*, *Nymphaea ampla*, *N. odotrata*, *Brasenia schreberi*, algunas de estas, presentan flores muy llamativas que dan colorido al paisaje del lugar. Otras especies viven totalmente sumergidas como *Utricularia foliosa*, *Cabomba piauhiensis* y *Najas guadalupensis*.

Existen algunas lagunas que poseen verdaderas tembladeras, que son masas de suelo areno-turboso que flotan sobre la superficie del agua albergando numerosas especies de gramíneas y ciperáceas, además de representantes de otras familias de distribución muy restringida. Las condiciones de humedad propician el desarrollo de especies como: *Mayaca fluviatilis*, *Eviocaulon pseudocompressum*, *Osmunda regalis*, *Xyris ekmanii*, *Uricularia foliosa* y *Uricularia juncea* entre otras.

En las áreas de influencia costera con sustrato cenagoso, se ubican como parte de la vegetación típica del bosque de mangles las siguientes: *Conocarpus erecta*, *Rhizophora mangle*, *Avicennia nitida*, *Laguncularia racemosa*, y otras.

## 2.7 FAUNA.

De forma general, se emite esta información sobre las especies faunísticas observadas en el territorio ocupado por la cuenca en estudio, presentando los principales grupos caracterizadores sin detallar en lo referido a ubicación y otros aspectos referativos, se introducen las consideraciones de la Lic. Enma Palacios del Instituto Superior Pedagógico de Pinar del Río.

### Clase insecta:

- *Atta insularis*
- *Neocurtilla hexadactyla*
- *Leucophobetron argentifloea*
- *Cylas formicarius elegantulus*
- *Papilio andraemon andraemon*
- *Nasutitermis costalis*
- *Anurogrillus abortivus*
- *Phyllophaga explanicollis* (Endémica)
- *Ips interstitialis*
- *Prodenia sunia*
- *Neodiprion insularis*
- *Xyleborus affinis*
- *Apate monachus*

### Clase Mollusca:

- *Callonia gemmata* (Endémica local)
- *Veronicela tenax*: (Endémica)

### Clase Amphibia:

- *Peltaphryne longinasa* (Endémica)
- *Osteopilus septentrionalis* (Endémica)
- *Eleutherodactylus limbatus* (Endémica)
- *P. peltacephalus* (Endémica)
- *Rana catesbiara* (introducida)

### Clase Reptiles:

- *Anolis porcatus* (Endémica)
- *Anolis sagrei* (Endémica)
- *Chamaeleolis barbatus* (End. Vu. DH)
- *Ameiva auberi* (Endémica)
- *Anolis homolechis* (Endémica)
- *Tropidophis melanuros* (Endémica)
- *Alsophis cantherigerus* (Endémica)
- *Epicrates angulifer* (End. Vu.DH. P)
- *Trachemys decussata*
- *Crocodylus acutus*

### Clase Aves:

- *Falco sparverius sparveriodes* (ssp. End)
- *Colinus virginianus cubanensis* (ssp. End.
- *Surnella magna hipocrepis* (ssp. End.)
- *Saurothera merlini merini* (ssp. End.)
- *Gymnoglaux lawrenci* (Endémica)
- *Glaucidium siju* (Endémica)
- *Chlorostilbon ricordii ricordii* (ssp. End)
- *Priotelus tennurus tennurum* (Endémica)
- *Todus multicolor* (Endémica)
- *Xiphidiopicus percussus percussus* (End)
- *Centurus superciliaris* (ssp. Endémica)
- *Tyrannus caudifasciatus* (ssp. Endémica)
- *Mimocichla plumbea schistacca* (ssp. End)
- *Melopyrrha nigra nigra* (ssp. Endémica)
- *Rallus elegans*
- *Tiaris canora* (Endémica)
- *T. olivacea*
- *Charadrius vociferus*
- *Casmerodius albus*
- *Columbina passerina*
- *Aramus guarauna*
- *Agrotis alba*
- *Cathartes aura*
- *Phalacrocorax olivaceus*
- *Tyto alba*
- *Butorides virescens*
- *Agelaius phoeniceus*
- *Crotophaga ani*

#### **Clase mamíferos:**

- *Capromys prehensilis* (Endémica)
- *Mus musculus brevirostris*
- *Rattus rattus*
- *Canis familiaris*
- *Felis catus*
- *Bos taurus*
- *Equus caballus*

#### **Clase Peces:**

- *Anguilla rostrata*
- *Cichlasoma tetracanthus* (Endémica)
- *Gambusia punctata*
- *Gambusia pumtilata*

## **2.8 CONCLUSIONES.**

Las características climáticas de la zona, las actividades que el hombre ha realizado en la cuenca, la transformación de hábitats y los movimientos naturales de las especies, no permiten una inventarización exacta de cada especie, sobre esto, Berovide (1988), con respecto a la adaptación a las variaciones ambientales las considera como la base de todas manifestaciones de la conducta, es por eso que a los animales les es imprescindible adaptarse a esas variaciones. Las apreciaciones citadas por Sutherland (1995) donde señala la influencia de los factores físicos y climáticos y del sustrato en que se ubique el ecosistema, inciden directamente en la comunidad de plantas y animales que en ella habitan. Estas informaciones constituyen un aviso previsorio de las pérdidas que pudieran suceder si los cambios zonales fueran bruscos o desordenados.

Las posibilidades de la realización de un diagnóstico adecuado, proporciona una caracterización detallada del medio o área de estudio en la que se realizan los análisis para extraer las informaciones necesarias que propicien la comprensión adecuada de cada uno de los problemas en los que se manifiesten incidencias o tendencias negativas nocivas al desarrollo y crecimiento armónico y proporcionar que exige un buen ordenamiento territorial para alcanzar mejores resultados en las gestiones socio productivas de una región.

## CAPÍTULO III: DIAGNÓSTICO

### 3.1 CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA.

Teniendo en cuenta la relación que debe existir entre las especies y el lugar en que se desarrollan, no se puede desconocer el comportamiento o dinámica de los fenómenos y sucesos naturales que ocurren en una zona de la corteza terrestre y en la que se definen características específicas de cada lugar que lo ubica clasificada y ordenadamente en una región del planeta y que de forma común, se denomina clima.

La clasificación de las regiones climáticas presenta una gama de sistemas que van desde los que clasifican a partir de uno de sus componentes como es el caso de la clasificación en función de la temperatura, la precipitación (Blair 1967) hasta aquellas que la complementan con una serie de elementos y representaciones de manifestaciones naturales que la hacen detallosa y comprensible con un elevado nivel caracterizador como lo es el denominado sistema Koppen, ésta última se utiliza en la clasificación del clima de casi todas las regiones del planeta.

Kellman y Tackaberry (1997), destacan la importancia de las caracterizaciones climáticas zonales para el desarrollo de programas de uso y manejo en el funcionamiento y dirección de los ecosistemas tropicales, lo que valida la necesidad de una relación directa entre el clima y el desarrollo territorial de estos ecosistemas. Partiendo de la distribución de los tipos generales de climas en latitudes tropicales, según Koppen-Geiger, realizan un estudio detallado en lugares específicos como vía validante del comportamiento de diferentes factores climáticos que permiten la corroboración de la clasificación presentada y sus parámetros más relevantes para cada lugar estudiado.

En la caracterización zonal de la cuenca en sus diferentes cursos (superior, medio e inferior), tomamos de referencia a la clasificación realizada por Borhidi (1974), donde se señalan tres zonas climáticas:

4 d= Invierno seco de clima tropical con 1 - 2 meses secos.

4 c= Invierno seco de clima tropical con 3 - 4 meses secos

5 b= Clima tropical moderado con 5 - 6 meses secos.

Los datos considerados se corresponden con los valores medios para muchos años y que se analizaron de los registros sistemáticos de las estaciones meteorológicas y de los puntos pluviométricos que se muestran en los mapas específicos. Todos los puntos sobrepasan los 25 años de compilación lo que hace confiable la información utilizada, en su determinación se utilizaron los métodos estadísticos establecidos por el sistema de información climática que utiliza el Instituto Nacional de Recursos Hídricos (INRH).

La caracterización hidrotérmica se realiza aplicando el Método de Selianinov (1977), ya que representa la integración de los factores más influyentes en el clima tropical (Lluvia y Temperatura). Las isolíneas de evaporación se corresponden con los datos procesados por el método del Evaporímetro Clase A, que aparece en la información del Departamento de Meteorología del CITMA, los valores específicos zonales se corresponden con los datos procesados de las diferentes estaciones que concurren en la cuenca.

La evapotranspiración potencial que se presenta en las diferentes zonas de la cuenca del río Cuyaguaje, se calculó aplicando el método de Penman que aparece en el estudio sobre este aspecto (León Coro 1997) presentado en el Evento Internacional Geociencias 97.

En la representación gráfica de los factores ambientales, se presenta diferenciadamente la condición climática temporal (frío, fresco, calor) u otra condición natural que caracteriza la zona o lugar, lo que permite su inclusión en el análisis que conlleva la ubicación de las especies acordes con las exigencias naturales y las condiciones que brinda el ecosistema en que se desarrolla. De esta manera se

caracterizan todas las zonas de forma general, ya que en el análisis territorial se detallan mejor, como en el ejemplo aplicado en el municipio Minas, y se aprecian estas diferenciaciones en cada mes del año, lo que indica la derivación gradual del método para su aplicación territorial. También en esta forma se combinan datos que referidos a un mismo factor, integran sus potencialidades, lo que permite una visión rápida y confiable de sus características a fin de referenciarlas con la esfera productiva en que actúe.

Producto de la aplicación de los métodos relacionados, se puede observar los siguientes resultados:

- a- Gráficos con las variables climáticas T<sup>0</sup>C media mensual, Iluminación media diaria y Humedad ambiental, con los que se determina la caracterización hidrotérmica zonal. Se realizan para cada uno de los cursos del cauce (Superior, Medio e Inferior). En cada una de estas cuatro partes, se introducen los aspectos siguientes:

En T<sup>0</sup>C media mensual se introducen los valores de la Suma de T<sup>0</sup>C activas del mes y del año; la condición climática dominante en el mes (Frío, Fresco, Calor); el valor de la T<sup>0</sup>C media anual y el enmarcamiento areal del desplazamiento de la variable en el tiempo (durante el año) en color blanco.

En Iluminación media diaria de cada mes, el número de horas/luz/día y la sumatoria de las horas/luz/mes así como la suma anual de este factor permite el análisis previo sobre la especie a ubicar y sus necesidades fotobiológicas; además de estos datos, se introduce la condición de nubosidad que se puede presentar en cada mes del año, lo que la relaciona directamente con las probabilidades de lluvias, en ella se enfoca una escala de valoración porcentual en la que se definen los límites estimados.

En estos gráficos se utiliza la representación circular ya que permite una distribución integrada para cada uno de los factores que se analizan, su aplicación es de fácil realización y las escalas se ubican en forma de coordenadas tomando los ejes en los cuadrantes radiales de la circunferencia mayor ubicando los valores en dependencia del tamaño que se seleccione para el valor unitario de cada círculo interior.

En Humedad Ambiental, se expresan los valores de la Lluvia media mensual, la Evaporación en igual expresión y la Humedad Relativa en %, con esta información, y la referida a la T<sup>0</sup>C, se puede determinar el Coeficiente Hidrotérmico (C.H.T.) mensual aplicando el método de G. Selianinov que se expresa por la fórmula:

$$CHT = \text{Lluvia} / (\text{STA}/10) = (10 \text{ lluvia})/\text{STA}:$$

Donde: Lluvia viene en mm y STA es la suma de temperaturas activas.

Se basa en la consideración de que la Evaporación potencial es igual a STA/10, y, aunque el método no es exacto, permite una caracterización inicial que se toma de base en la fase organizativa y en la planificación del uso de los recursos de suelo y agua frente a una ocupación territorial por especies vegetales diversas.

- b- Una vez calculado el CHT mensual, se procede a determinar el carácter que presenta la zona en cuanto a la sequía que se produce al combinar los factores expuestos, partiendo de que con valores menores de 1 (uno), se manifiesta sequía; con menos de 0.4 la sequía es muy fuerte, de 0.4 a 0.5 será fuerte, de 0.5 a 0.6 indica una sequía media y de 0.7 a 0.9 es débil.

La utilización del método descrito, fue aplicada en el planeamiento hidráulico de la zona norte central de la República de Namibia, en el informe denominado "Earth Dams in the northern region of Namibia, (León Coro 1994) ubicada en un clima tropical seco, con suelos arenosos y topografía llana predominante. La comparación entre los resultados de las regiones estudiadas permitió establecer una

guía para la acción constructiva y agrícola de esta región. La zona abarca una extensión de 67 782 km<sup>2</sup>, es decir mayor que región occidental de Cuba, lo que demuestra la factibilidad de aplicar el método de lo general a lo particular, en este caso, en una cuenca hidrográfica como unidad básica territorial a utilizar en el desarrollo de planes de uso y manejo de los recursos naturales. (Consultar los Mapas Climáticos de la cuenca).

En otro orden, la aplicación del método permite comprobar la caracterización climática determinada por el Método de Koppen como puede verse en los resultados finales expresados por Borhidi (1974) en lo referido al territorio que abarca la cuenca en estudio.

Según Borhidi (1974)	Resultado del método utilizado	Ubicación
4d- con 1-2 meses secos	1 mes seco, Diciembre,	Curso Superior
4c- con 3-4 meses secos	3 meses con menos de 30mm continuos	Curso medio
5b- con 5-6 meses secos	4 meses con menos de 30 mm continuos	Curso inferior.

Este método puede ser aplicado a períodos más pequeños en tiempo (Decena, Semana) recomendando su uso en los casos de proyectos ejecutivos o técnico - ejecutivos para zonas específicas a fin de establecer los criterios sobre la caracterización de las áreas con respecto al riego, así tendremos la integración de los factores productivos con los datos que brinda el uso de este método.

### 3.3 UTILIZACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS.

La cuenca Cuyaguaje posee un potencial medio anual de 422 Hm<sup>3</sup> hasta la desembocadura del río. Teniendo como componentes, el sistema de humedales (lagunas y zonas cenagosas) la presa Cuyaguaje que posee una capacidad de embalse de 51.6 Hm<sup>3</sup> y un volumen de entrega de 87 Hm<sup>3</sup> y la presa El Mulo que posee una capacidad de embalse de 7.65 Hm<sup>3</sup> y un volumen de entrega de 6.30 Hm<sup>3</sup>, que sería el agua regulada en la cuenca actualmente. A esto habría que sumarle el agua subterránea que es 3.5 Hm<sup>3</sup>/año. De ese potencial hídrico se está utilizando una parte, la cual se controla mediante el Plan de Utilización de la Aguas (P.U.A.), donde aparecen los usuarios vinculados con esas fuentes que en resumen serían:

#### AGUAS REGULADAS:

- Para riego

Cítricos y frutales.....	4.2 Hm <sup>3</sup>
Arroz primavera.....	0.192 Hm <sup>3</sup>
Tabaco.....	0.23 Hm <sup>3</sup>
Plátano.....	0.495 Hm <sup>3</sup>
Hortalizas.....	0.086 Hm <sup>3</sup>
Granos.....	0.007 Hm <sup>3</sup>
Otros.....	0.016 Hm <sup>3</sup>
Total para riego.....	5.226 Hm <sup>3</sup>

- Para abasto a acueducto

Acueducto San Carlos (pozo).....	0.02 Hm <sup>3</sup>
Acueducto Canta Rana (pozo).....	0.03 Hm <sup>3</sup>
Acueducto Cabeza (Presa "El Mulo").....	0.03 Hm <sup>3</sup>
Acueducto Entronque La Catalina (pozo).....	0.03 Hm <sup>3</sup>
Acueducto Sumidero (pozo).....	0.1 Hm <sup>3</sup>
Acueducto Isabel Rubio (pozo).....	0.3 Hm <sup>3</sup>
Acueducto Guane (Río Portales).....	1.9 Hm <sup>3</sup>
Acueducto Punta de la Sierra (Arroyo Tibisi)...	0.2 Hm <sup>3</sup>

Total para acueducto..... 2.61 Hm<sup>3</sup>

#### AGUAS NO REGULADAS:

De ellas se están utilizando actualmente un total de 1.6 Hm<sup>3</sup> para riego de cultivos a CCS y UBPC. Si sumamos todo tendríamos un volumen de consumo de agua anual de 9.44 Hm<sup>3</sup>. Debemos señalar que existen usuarios que no se controlan debido al poco volumen que consumen por lo que dejan de tener importancia.

#### Abastecimiento de agua.

El sistema de abasto de agua se realiza a través de la red de acueducto, beneficiando el 93% de la población urbana y el 11.7% de la población rural. El resto de la población se abastece a través de pozos y pipas, siendo en todos los casos la calidad del agua regular con riesgo de contaminación producto a la no existencia de un adecuado sistema de alcantarillado y el predominio de letrinas como vía de solución a los residuales, además la no sistematicidad del proceso de cloración de las fuentes.

#### Calidad de las aguas.

Con relación a este aspecto podemos plantear que actualmente contamos con una red de calidad que es operada semestralmente, para ello se han escogido 12 puntos de muestreos en esta cuenca, siete de aguas superficiales y cinco de aguas subterráneas ellas son:

Nº.	Estación	Coordenadas	
		Norte	Este
1	RC-2 Acueducto Isabel Rubio	261.3	180.2
2	RC-85 Acueducto Isabel Rubio (Cantera)	262.5	180.6
3	RC-218 Acued. Entronque a La Catalina	260.9	182.5
4	RC-120 Abasto al CAN Benito Juárez	261.7	186.3
5	RC-177 Acued. San Carlos	288.0	195.1
6	Presa Cuyaguateje (Vaso)	256.9	184.4
7	Manantial Acued. Pta de la Sierra	279.2	191.3
8	Manantial Los Portales	270.7	182.1
9	Manantial Acued. Canta Rana	294.1	201.3
10	Río Cuyaguateje. Acued. Cabeza	296.8	205.2
11	Micropresa Bufo	251.0	177.5
12	Manantial Acued. Sumidero	294.5	199.6

El problema fundamental detectado ha sido de carácter bacteriológico principalmente en las fuentes superficiales por ser las más sensibles a ello, en los puntos de muestreo de las aguas subterráneas se detectaron problemas en el RC-120 y RC-177.

Resultados de muestreos realizados a las fuentes de abasto más críticas desde el punto de vista bacteriológico.

Estación	Fecha	Coliformes Totales NMP/100ml	Coliformes Fecales NMP/100ml	% Coliformes Fecales
Sumidero	27-6-97	9300	4300	46
	28-1-98	460	93	20
	1-7-98	460	43	9
	21-4-99	2100	1500	71



Cabeza	27-6-97	240	240	100
	1-7-98	>2400	430	18
	10-2-98	210	150	71
	10-12-98	1500	1400	93
San Carlos	27-6-1997	240	93	39
	1-7-1998	>2400	4600	19

Norma Cubana NC-93-11-86

250 Coliformes totales (NMP/100ml)

Coliformes fecales (nunca superior al 20% de los totales)

NMP- Número más probable.

En todos los casos se requiere realizar una inspección sanitaria a estas fuentes y garantizar el cumplimiento de las medidas que se deriven de las mismas. Así mismo se debe asegurar la desinfección de esta agua.

#### Acuicultura.

Aproximadamente a 8 Kms. de la carretera central, en dirección a las Catalinas de Guane, rumbo a Cortés, se encuentra ubicada la Organización Estatal Económica (OEE) ACUISANDI. Esta instalación perteneciente a la asociación PESCARIO, es la encargada de la explotación acuícola en la cuenca del Cuyaguaje, fundamentalmente en la zona represada, denominada Complejo Hidráulico Cuyaguaje.

La infraestructura cuenta con una fábrica de hielo en forma de escama, con una capacidad productiva de 5 tn diarias, una nevera para el mantenimiento de la captura, dormitorios, comedor, cocina y oficinas. Un total de 12 pescadores constituyen la fuerza laboral activa y 6 trabajadores de servicio y administración.

Todos los embalses y lagunas naturales, ubicadas en su mayoría en el municipio Sandino, son explotadas por la entidad económica. Entre las fundamentales se encuentran:

1. El Pesquero.
2. Santa Bárbara.
3. Alcatraz Chico.
4. Alcatraz Grande.
5. La Restinga.
6. La Larga.
7. El Bufo.
8. El Jovero.
9. Lagunas Nuevas.
10. Lagunas Vieja.

El Complejo Hidráulico Cuyaguaje se caracteriza por una gran abundancia de plantas acuáticas, sumergidas, emergentes y flotantes, predominando el macío y la malangueta. Esta vegetación ocupa un elevado porcentaje de la superficie inundada del embalse, provocando serios problemas a la actividad pesquera. La infestación que sufren las zonas del Pesquero, Santa Bárbara y Alcatraz Chico, hacen prácticamente imposible todas las operaciones de captura con los métodos tradicionales de pesca (redes de enmalle).

La acuicultura ha introducido en estos embalses algunas especies exóticas, con la finalidad de constituir poblaciones de peces capaces de soportar pesquerías comerciales, no obstante las características hidrobiológicas de sus aguas, han dificultado estos objetivos.

Especies introducidas por primera vez en el Complejo Hidráulico Cuyaguateje:

Especie.	Año de primera siembra.	Cantidad (miles)
Tilapia ( <i>O. aureaus</i> )	1980	373.0
Tenca blanca ( <i>H.molitrix</i> )	1986	20.0
Amura blanca ( <i>C.idella</i> )	1983	2.0

Las aguas del Cuyaguateje, en su parte embalsada, se caracterizan por una alta transparencia, alcanzando en ocasiones más de 4 metros. Ello es indicador de una pobre flora microscópica, base alimentaria de los peces introducidos. La vegetación superior acapara todos los nutrientes que pueden provenir de las partes altas de la cuenca y el pobre ingreso que puede hacer el sustrato de arena sílice predominante en esta región.

Aún para la tilapia (*Oreochromis aureus*), cuyas características de aclimatación y adaptabilidad son notables, la casi ausencia de fitoplancton constituye una barrera infranqueable para los primeros estadíos de vida larval. Se observa una gran talla de captura de esta especie lo que denota una baja población.

Otra especie de tilapia introducida por error (*Tilapia melanopleura*) proveniente de la laguna de Santa María (municipio San Luís), cuyos hábitos de alimentación incluyen la vegetación acuática superior, no ha logrado imponerse en este embalse, aunque se aprecia cierto progreso en su desarrollo poblacional.

Un aspecto importante que se contrapone al desarrollo de peces introducidos, es la alta población de truchas (*Micropterus salmoide*) y pez sol, los cuales son depredadores de larvas y alevines. Esta situación establece cierto control del número de individuos lo que hace que la zona sea poco productiva en términos pesqueros en relación con otros embalses de la provincia.

Aunque no ha sido motivo de estudio ni investigación el impacto que ha provocado la actividad acuícola en la cuenca, no es menos cierto que el ingreso de nuevas especies de peces, así como una intensa actividad de captura de las existentes, acciona de alguna forma en el ecosistema cambiando su status.

Los índices de producción han sufrido una disminución, lo que ha provocado en los últimos años, un acercamiento de las operaciones pesqueras a las zonas costeras y marinas, con la intención de mantener activa la captura de pescado. Esta táctica posibilitará la recuperación de las poblaciones explotadas, con cobertura en las siembras con nuevos alevines.

Producciones históricas de pescado en la OEE ACUASANDI:

	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Prod.tn	112.0	109.6	167.8	155.8	135.5	145.1	72.8	76.7	93.7	87.5	72.8	12.1

Plan Año 1999:

Plan (tn)	Real (Agosto)
32.2	17.1

La notable disminución de la producción se debe, en gran medida, a problemas de insumos no suficientes para mantener los niveles de captura que realizaban con anterioridad.

La protección de las especies autóctonas y las introducidas, se realiza mediante la utilización de redes selectivas de enmalle. Los peces por debajo y por encima de cierta talla no son capturados. Una labor de inspección de la producción y la pesca furtiva complementan los objetivos de protección de las especies.

En relación con la fertilización de las aguas como medio para incrementar los rendimientos pesqueros, no es practicable en esta zona, debido precisamente a la vegetación acuática, ésta absorbería los fertilizantes, agravando más la situación, sin un cambio favorable en el enriquecimiento de fitoplancton.

El potencial económico - productivo de la zona, en lo que a pescado se refiere, está dado en la intensificación de los sistemas intensivos de cultivo de peces en jaulas flotantes. Esta experiencia desarrollada en los años de 1986 a 1988 con muy buenos resultados, posibilitaría una explotación más racional del embalse, cuyas características para el desarrollo de este método de acuicultura, superan a otros embalses de la provincia. Este sistema debe también ser evaluado en su interacción con el medio, debido a los grandes volúmenes de alimento artificial a manejar y su disolución en las aguas, (eutrofización) así como el posible escape de los peces en cultivo.

Otra estrategia planteada es la siembra de grandes volúmenes de la especie *Ctenopharingodon idella*, llamada amura blanca. Este pez se alimenta de plantas acuáticas y también terrestres y es capaz de consumir hasta el 45% de su peso diariamente. Esta idea de control biológico de la vegetación podría traer grandes modificaciones del ecosistema que ahora existe.

Aunque las principales acciones acuícolas se desarrollan estatalmente en la parte represada del Río Cuyaguaje, se trabaja en la implantación y desarrollo de la acuicultura de tipo comunitario, también llamada rural de pequeña escala o popular, en la zona de la cuenca perteneciente al municipio Minas y Guane. Actualmente se cuenta con un representante de la acuicultura en la zona de Sumidero que vincula a propietarios de pequeños embalses a este tipo de acuicultura. Estos propietarios adquieren los alevines por compras a las empresas productoras (Estaciones de Alevinaje), reciben asesorías técnicas referidas al cultivo y cuando los peces están de cosecha, se pescan con auxilio de la acuicultura estatal.

Los propietarios de pequeños embalses deben vender el pescado capturado en el consejo popular donde se encuentra el embalse a precio de oferta y demanda, entregando a la acuicultura el 15% de las ventas por conceptos de asesoría y servicios de medios y materiales. De esta forma se pretende generalizar la acuicultura de tipo popular en la montaña y por consiguiente en la cuenca hidrográfica del Cuyaguaje como parte constitutiva de ésta.

#### Otras actividades.

Dentro de la cuenca contamos con un zoológico en Sabanalamar, perteneciente a la Empresa Nacional de Flora y Fauna. Este ocupa un área de 20 Ha. de tierra. Posee una fuerza laboral compuesta por 32 trabajadores los cuales se dedican al cuidado y cría de aproximadamente unos 500 cocodrilos. La reproducción de la especie es a ciclo cerrado y posteriormente el 10% de ellos es llevado al medio natural.

Existe un proyecto para la construcción de una Central Hidroeléctrica en el Cuyaguaje, de 35 Mw de potencia. En la Cuenca del Cuyaguaje hay 2 Centrales Minihidroeléctricas construidas, con una potencia instalada de 52 Mw:

- Guane, Mcpio Guane, 37 Mw de potencia.
- El Mulo, Mcpio Minas de Matahambre, 15 Mw de potencia.

Como se aprecia, el volumen utilizado es un bajo por ciento con respecto al potencial hídrico que brinda la cuenca, además de presentar impactos contaminantes que degradan la calidad del agua para el uso en general, así podemos valorar las condiciones actuales que nos indica este diagnóstico.

En el acápite Hidrología, se describe la estructura que compone la red hidrológica de la cuenca y se detallan parámetros potenciales de sus componentes. Esta densa red es la captadora y transportadora de residuos y desechos que se vierten en sus cauces, unos de forma directa y otros con algún tratamiento residual, de manera que constituyen focos contaminantes en los que, en común relación con el ordenamiento integral, se toman las medidas necesarias para su eliminación o minimización del daño que se produce, así tenemos que:

- Existen poblaciones como Guane e I. Rubio y asentamientos rurales que vierten las excretas y los desechos domésticos a los cauces provocando una acumulación inicial de éstos que posteriormente son arrastrados por las corrientes que provocan las lluvias y se introducen en los cauces principales provocando disminuciones en la calidad física, química y bacteriológica de las aguas que son utilizadas en posiciones más bajas que los focos contaminantes.
- La utilización en labores agrícolas de las márgenes de los ríos, la utilización de cañadas, vados y arroyos en el pastoreo de cerdos, cabras y otros animales, provoca la contaminación de las aguas con iguales resultados que el anterior procedimiento. Además de propiciar los arrastres de sólidos que se depositan en fondos y laderas disminuyendo la sección de trabajo de los cauces provocando y/o favoreciendo desbordamientos de las aguas en las lluvias y desprendimientos de laderas y riveras.
- El vertimiento de sustancias nocivas a la biodiversidad de las aguas como los residuos de la planta de creosota en el municipio Guane así como petróleo y lubricantes de los equipos de extracción de agua que toman directamente de los cauces o reservorios, afectan la calidad de las aguas en uso constante.
- Los centros que vierten sus residuos y desechos con sistemas de tratamientos inadecuados provocan contaminaciones en gran escala como son Centro Porcino “José Martí”; Despulpadora de Café ubicada en El Moncada; Embotelladora de Agua y Refrescos Los Portales; Complejo Agro militar Pica-Pica; el hospital Javier Rodríguez y el Matadero de Guane, requieren de estudios para eliminar sus impactos en el agua de los cauces que utilizan para conducir sus residuos.

Del total de focos contaminantes evaluados, podemos resumir la carga contaminante vertida:

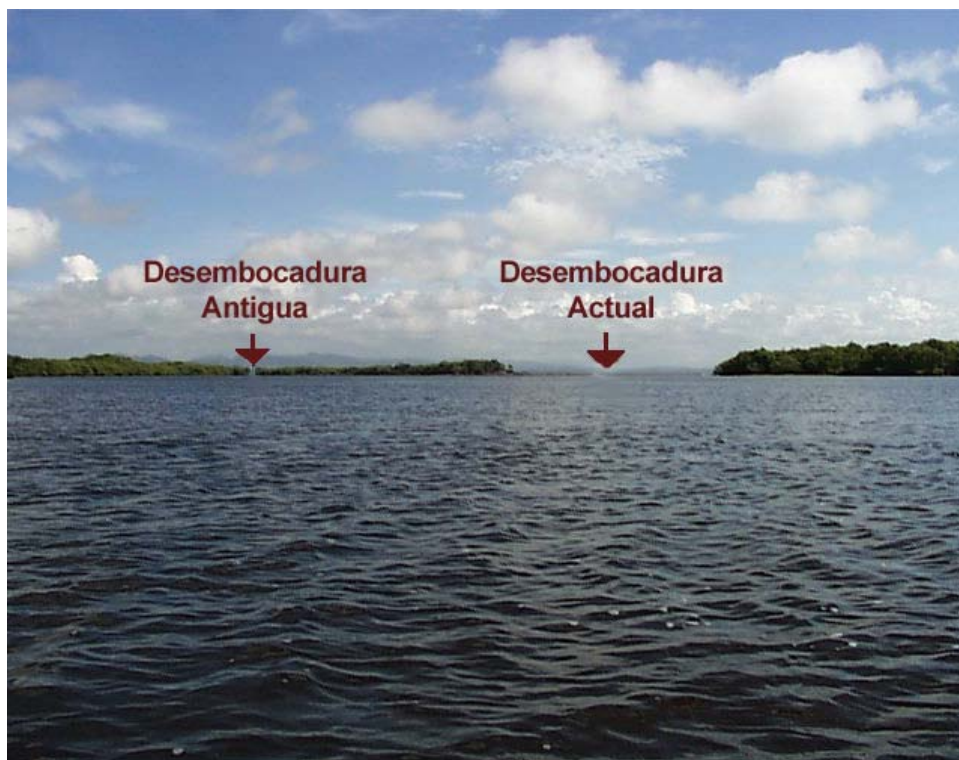
Parámetro Evaluado	Carga Generada		Carga Reducida		Carga Dispuesta		Población Equivalente
	Kg/día	Tn/Año	Kg/día	Tn/Año	Kg/día	Tn/Año	
DBO <sub>5</sub>	3414	1054.6	653	105.4	2761	949.2	6 738
DQO	6686	21977	912	158	5774	2039.7	38 059

Esta evaluación realizada por especialistas de la comisión que participó en el diagnóstico responde a las necesidades de poder establecer puntos de comparación como el valor de Población Equivalente y así dar como indicador de los parámetros constructivos de las obras a realizar. Aunque en esta ocasión se tratan de conjunto las afectaciones que provoca el caso de las poluciones más sencillas, como la que ocurre con el vertimiento de una comunidad sin desechos industriales y los desechos de centros industriales, lo que constituye un indicador de que el impacto negativo pudiera ser mayor. En resumen los nuevos cálculos han de dirigirse a la valoración de: 1. La cantidad de los sólidos en suspensión transportados y que son posibles de depositarse, y 2. por la demanda bioquímica de oxígeno DBO. Estas son las medidas principales de la potencia polucional de un vertimiento directo de residuos y desechos, podemos considerar que por absorción del aire se mantiene en el agua en oxígeno necesario para la vida de los organismos que se desarrollan en este medio, pero cuando no se tiene el suficiente

suministro para satisfacer la demanda necesaria para los procesos degradativos y de otro carácter, se pierde el equilibrio biológico y las aguas se deterioran en gran medida; es por eso que se establece el método de Barnes(1967) para determinar la demanda bioquímica de oxígeno para eliminar los efectos de los vertimientos urbanos en función de una población equivalente para establecer los valores que alcanzaría este aspecto. En lo referente al termino de Población Equivalente, se conceptualiza como una unidad idónea para indicar la potencia polucional de aguas cloacales y de los desperdicios industriales. No puede aplicarse a las aguas industriales a menos que sean de carácter capaz de medirse por el contenido de sólidos en suspensión o por la DBO. En los estudios realizados en diferentes ciudades, señala que aproximadamente por cada 380 litros de aguas de las cloacas, contienen cerca de 240 p.p.m. de sólidos en suspensión y 200 p.p.m. de DBO, es decir que en esa cantidad se tendrá en peso: 92 gr. de sólidos en suspensión y 76 gr. de DBO. Estableciendo que estos valores se consideran como el equivalente a una persona, por lo que la simple relación entre los vertimientos y estos valores nos dará la población equivalente por día para el foco que se analiza.

En otros aspectos que han incidido negativamente en las actividades antrópicas, podemos señalar que en algunos reservorios (lagunas) se manifiesta el fenómeno de la eutrofización ya que los arrastres de los suelos con alto contenido de fósforo, nitrógeno, materia orgánica, carbonatos etc. debido a la falta de protección de esos lugares, en los que se intensificó el desmonte con equipos pesados que produjo decapado y desnudez, la siembra masiva de cultivos exóticos como el café, cítricos, casuarinas, eucaliptus, etc. en los territorios del curso inferior del cauce, llanuras de carácter denudativas, sabanas arenosas, muy poco fértiles, según observaciones realizadas en la zona de El Jovero, Los Indios y otros depósitos, la diversidad de organismos vegetales acuáticos se ha visto afectada, como es el caso de la zona de santa Teresa, lugar que acusa las mayores perdidas de especies acuáticas.

Los arrastres ocurridos en la cuenca han modificado la sección transversal de los cauces en muchos tramos y han provocado elevaciones del fondo con pérdidas de la profundidad efectiva de evacuación lo que ha incidido en los desbordamientos e inundaciones de extensas áreas aledañas a estos tramos; también se ha modificado en gran medida la configuración de la desembocadura que presentaba el río en los años 50.



Transformaciones en la desembocadura del río Cuyaguateje.

Se constata en el estudio de 3 ediciones diferentes de mapas cartográficos y que pueden verse en la figura Modificaciones del Cauce en el tercio final del curso inferior (Desembocadura)

Según refieren los pobladores entrevistados de la comunidad Paso de Piedra, con anterioridad a la obra reguladora de la Derivadora Cuyaguaje, el río poseía una longitud navegable de unos 20 Km. que en su tiempo (Antes del Ferrocarril 1906) fue la vía abastecedora y transportadora de mercancías y productos de la región, posterior a eso, se mantuvo un flujo de patanas que continuaron con esta vía, también nos comunican que en la actualidad no fluye la especie de camarón blanco, lisas, pataos y otras como en los tiempos anteriores a la obra, eso nos indica afectaciones directamente vinculadas al desarrollo de la zona.

### 3.3 USO DEL TERRITORIO.

La utilización del territorio de la cuenca, se plantea a partir de la ocupación de los suelos en su esfera productiva agropecuaria y forestal, las ciudades y pueblos, así como los asentamientos humanos establecidos en el área, no se introducen en este análisis.

#### 3.3.1 Agricultura.

Como se informa en el acápite referido a los suelos, sólo 25 375 ha. (35% del total) se presentan con características aceptables para la actividad agrícola, es decir, que el territorio posee mayor superficie forestal, por lo que la infraestructura agropecuaria se ve limitada a los siguientes rublos:

Tabaco: Ocupa la mayor parte del territorio agrícola de los cursos superior y medio de la cuenca, es el cultivo económico principal y a él se dedican la mayor parte de las inversiones en la zona. Su producción se realiza por métodos tradicionales (manuales y artesanales en más de un 90%), mayoritariamente en manos de productores privados individuales o en cooperativas productivas además de pequeñas áreas del estado controladas por empresas especializadas. El tipo de tabaco que más abunda es el Negro sembrado al Sol, aunque existen unas 30 has de tapado; en el curso inferior del cauce se siembra una pequeña zona de tabaco Rubio de poca cuantía. Los rendimientos promedios alcanzado no sobrepasan los 220 quintales por caballería (0,7 - 0.8 T/ha), el valor de la producción total es variable pues depende de la calidad de la hoja y de la categoría seleccionada en las casas de escogida. La ocupación de las tierras por este cultivo responde al periodo de invierno, o sea desde finales de Octubre hasta el mes de Marzo con un intervalo de Septiembre a Diciembre en que se ubican los semilleros, realizando el trasplante entre finales de Octubre hasta mediados de Enero (Fecha óptima) con posibles extensiones hasta el mes de Febrero realizando el final de la cosecha para Marzo o Abril. Proporciona variados y numerosos puestos de trabajo.

Viandas y hortalizas: Entre estos genéricos, ocupan la preferencia la yuca, la malanga, boniato y el plátano en las viandas y la col y el tomate en las hortalizas, ocupando éstas un área muy reducida en el territorio comprendido entre las subcuencas de los cauces superior y medio del río, no siendo así para la zona tributaria del cauce inferior, en ese territorio se tienen tomates, pimientos, cebolla, ajo, y otras hortalizas como renglón agrícola principal, dado por el tipo de suelo predominante en la zona. La tenencia de la tierra, mayoritariamente privada o en cooperativa, divide el territorio en muchas pequeñas parcelas en las que se hace difícil un ordenamiento territorial integral ya que los intereses individuales son prevalecientes en muchas zonas del territorio. Se tiene información acerca de que en la zona llana, que se corresponde con el territorio del curso inferior, las hortalizas y los granos (Frijol, Arroz y Maíz) así como el boniato presentan mayores rendimientos por unidad de área que en los territorios de los cursos superior y medio, aunque éstos son mejores productores de plátano, malanga y yuca. En la mayoría de los casos, el producto cosechado de estos cultivos se dedica al autoconsumo familiar, con un 20 - 25% que se oferta en el mercado local.

Frutales: En el territorio de los cursos superior y medio, las áreas dedicadas a frutales son pocas, alrededor de una 50 ha, diseminadas en el territorio en pequeñas parcelas de cítricos, mangos,

mameyes y anonáceas, sin ordenamiento preestablecido pero ocupando áreas marginales a manera de cobertura lo que permite producciones secundarias de alta demanda poblacional. En el territorio del curso inferior, se poseen las zonas más extensas en cítricos y frutales diversos con un área total ocupada de más de 500 caballerías (Más de 7000 ha.) Con una infraestructura integral en explotación. En los últimos 9-10 años la falta de recursos energéticos, no ha permitido realizar las actividades requeridas por el cultivo y tanto los rendimientos como su calidad han disminuido en gran medida, existiendo áreas en las que la falta de riego, unido a la sequía de los últimos años y al suelo arenoso de la región, han provocado la pérdida de casi el 25% del territorio dedicado a cítricos, presentando un paisaje desolador y casi desértico.

Café y Cacao: Estos cultivos sólo ocupan las tierras cercanas a las elevaciones montañosas y en algunos solares y patios particulares no constituyendo, en el presente, cultivos de importancia económica a pesar de que potencialmente existen extensiones considerables en lugares no ocupados que pudieran servir de nuevas proyecciones agrícolas.

Apicultura: Gran parte del área de la cuenca posee características propicias para el desarrollo de la actividad apícola. La ubicación de numerosos apiarios permite la obtención de miel y demás productos de la colmena.

Según el sistema de explotación de esta área se puede mantener una carga de 600 colmenas productivas, que tengan el crecimiento vertical que demandan la exigencia de la apicultura moderna con rendimientos que no sean inferiores a 50Kg de miel por colmena.

Actualmente se explotan unas 550 colmenas, teniendo aproximadamente 300 en la zona costera producto a la existencia de mayor potencial melífero. La zona cuenta con una diversa gama de especies melíferas, como son: palmáceas, malváceas y otras que las consideramos como polifloral, entre ellas podemos citar la zarza, piñón florido, raspalengua, palo de caja, las campanillas y cítricos. Desde el punto de vista de la masividad y su abundante secreción aparecen el macuriye, pomarrosa y el bejuco indio o leñatero. Como dato complementario exponemos la producción de miel y cera en los 3 últimos años por ser el período en que se han ubicado las colmenas en el contexto de un ordenamiento integral.

Producción de miel y cera.

	1997	1998	1999 (Enero - Agosto)
Miel (tn)	19 195	10 130	9 521
Cera (Kg)	388.5	481.0	200.0

### 3.3.1 Ganadería.

Desde el lugar de nacimiento del río Cuyaguatzeje al Norte del poblado de Cabeza, se cuenta con producciones ganaderas pertenecientes a pequeños agricultores, estos poseen rebaños de ganado vacuno hasta el lugar conocido por Las Catalinas (municipio Guane), en esta zona el ganado se encuentra en las propias márgenes del río. La UBPC Las Catalinas, perteneciente a la Empresa José Martí ocupa una extensión aproximada de unas 1500 ha, teniendo un total de 2250 cabezas de ganado vacuno y unos 40 equinos de trabajo. Se tienen previstos y cuantificados los lugares para la protección de los animales en casos de catástrofes naturales, donde cuentan con las condiciones mínimas para estos fines.

Las fincas de explotación ganadera cuentan con gran cantidad de árboles que benefician con su sombra la protección de los animales, así como el mantenimiento de mejores condiciones ambientales de dichas áreas. Esta zona se ubica en áreas costeras, de suelos arenosos, poco fértiles, y con cobertura de pastos naturales, los que no brindan posibilidades para cargas mayores a menos que se rehabiliten y se les dote de variedades vegetales de alto potencial alimentario teniendo en cuenta la composición varietal necesaria para lograr estos propósitos.

### 3.3.2 Actividad Forestal.

La cuenca en estudio posee 31 135 ha de suelos denominados Esqueléticos, (44.4% del total) y unas 8800 ha en macizos rocosos (12.5%) ambos utilizados en la actividad forestal ubicados en las zonas altas y medias del territorio, esto hace que predominen las agrupaciones forestales en especial con *Pinus tropicalis* y *Pinus caribaea* y la vegetación asociada, además en la zona baja, que es una llanura aluvial en casi toda su extensión donde crecen el pino hembra, el encino, la palma barrigona y otros. En la cuenca se ubican las Empresas Forestales Integrales (EFI) Minas, Macuriye y Pinar del Río, pero su distribución en cuatro municipios hacen un poco complejo el ordenamiento integral que la cuenca requiere. No obstante, se ha establecido con los gobiernos municipales los acuerdos necesarios en cada caso.

En resumen, en el área de la cuenca, la actividad forestal se caracteriza por los siguientes elementos:

- En las márgenes del río Cuyaguateje la zona ocupada por bosques tiene categoría de Bosque Protector. Estos bosques son de galería, degradados por la acción del hombre, provocando la desaparición en gran parte de ésta. Otras áreas son ocupadas por pequeños agricultores y empresas agropecuarias, extendiéndose en su mayoría hasta áreas muy cercanas al espejo de agua.
- El Plan de reforestación de márgenes, tiene previsto reforestar 211.7 ha con especies autóctonas como Caoba, Cedro, Ocuje, majagua, Caña Brava, salvo en algunos casos con exóticas (Teca y Eucaliptus). Los viveros produjeron las posturas necesarias excluyendo a Guane que las semillas fallaron al 50%. La situación de las barreras va mejorando porque las personas van tomando conciencia de su importancia. Del total del área de la cuenca hay 0.5 ha de bosques energéticos.

#### Otros elementos Forestales

- Cobertura boscosa → 71%
- Patrimonio forestal → 51972 ha.
- Área deforestada → 332,8 ha. (Bordeando los cauces principales)
- Faja hidrorreguladora → 404,4 ha.
- Supervivencia de las plantaciones al tercer año → 75%
- Logro de plantaciones entre 5 y 7 años → 20%
- Tratamiento silvicultural → 300 ha.

Se considera que el tratamiento silvicultural es bueno. Las afectaciones principales ocurren producto a las grandes avenidas en épocas de lluvia.

Los estudios realizados sobre el potencial de madera para la producción de carbón vegetal y leña combustible arrojan los siguientes resultados:

Municipios	Potencial de carbón vegetal (Miles de sacos)	Potencial de leña combustible (Miles de m <sup>3</sup> )
Sandino	140,0	73,6
Guane	168,5	14,6
Viñales	26,0	18,1
Minas de Matahambre	42,0	18,6

Antes del inicio del siglo XX, la región presentaba una cobertura boscosa superior al 70% de su territorio, pues no existía una actividad económica que no se circunscribiera a las tierras de algunos valles como son los actuales Valle de San Carlos, de Luis Lazo, de Isabel María, parte de la zona de Gramales, Punta de la Sierra, Los Portales, Calientes Sumidero y Pica Pica, todos con menos del 5% de la población actual. A partir de la apertura de la Mina de Matahambre, se incrementa la explotación



de los bosques de manera que todo incremento en áreas de explotación minera, equivalía a una cantidad de madera a utilizar en las instalaciones abiertas, el crecimiento de la población y de viviendas y establecimientos, crea nuevos asentamientos humanos y también un decrecimiento de los recursos maderables. La limpia de los terrenos y la quema de zonas boscosas para habilitar tierras de uso agrícolas, la creación de vías y de otras obras, junto a la despreocupación por la repoblación forestal y de la aplicación de medidas para la conservación y restauración de los suelos, trajo como consecuencia que ya antes de 1959, sólo quedara en la cuenca entre un 15 y un 18% de las áreas boscosas iniciales en los territorios de los cauces superior y medio mientras que en la zona llana del curso inferior, se utilizaban las tierras en un pastoreo intensivo y se eliminaban las variedades vegetales que poblaban las sabanas y humedales, en general, la pérdida de los horizontes productivos de los suelos, que por su relación con el manejo realizado en los bosques se presenta a continuación.

### 3.3.4 Deterioro y Erosión del suelo.

En el acápite 2.4 se da a conocer la composición de los suelos en el territorio de la cuenca, las condiciones en que se encuentran en la actualidad en cuanto a sus posibilidades de estabilidad productiva, se relacionan a continuación:

#### Erosión de los suelos:

Simbología	Grado de erosión	Ha.	%
e 1	Muy fuertemente erosionado	400	0.6
e2	Fuertemente erosionado	30 735	43.7
e3	Medianamente erosionado	3 000	4.3
e4	Poco erosionado	24 175	34.5
R	Macizo Rocoso	8 800	12.6
Lag	Laguna	1 400	2.0
Cg	Ciénaga	1 600	2.3
Total		70 110	100

Todas las áreas se encuentran erosionadas en mayor o menor grado, pero se destacan por su alto grado de erosión la zona más alomada, ocupada por los suelos esqueléticos y por su menor grado de erosión la zona más llana ocupada por los suelos aluviales y arenosos cuarcíticos.

La zona ocupada por los suelos ferralíticos de color rojo, presenta un grado de erosión variable de acuerdo a la posición en que aparecen. En las márgenes de los cauces se presentan desprendimientos de las laderas y zonas altas aledañas a las riveras debido a la falta de cobertura vegetal y por la no aplicación de medidas de conservación; por lo general la franja hidrorreguladora no está o no es lo suficientemente ancha para cumplir con sus funciones. Como se expresa anteriormente, la zona alta es la que mayor grado de erosión y destrucción presenta pudiendo observarse cárcavas profundas y arrastres de longitud apreciable lo que indica la falta de medidas de conservación en esa zona.



Cárcava en formaciones de pizarra.



Arrastre en zonas de pizarra.

En resumen, existen diferentes factores limitantes que presentan los suelos de esta cuenca y que motivan una disminución de sus potencialidades agroproductivas lo que conspira contra la sostenibilidad de los ecosistemas que componen el territorio en estudio:

Factores limitantes	Area en ha	Area beneficiada Actual
Por erosión	58310.0	5970.0
Por acidez	54810.0	1644.0
Baja fertilidad natural	54810.0	2192.0
Por compactación	3500.0	268.0
Por drenaje	410.0	-
Por salinidad	280.0	-
Total	172120.0	10074.0

Estas condiciones adversas motivaron la realización de un plan de actividades para la conservación y mejoramiento de los suelos enmarcado en tiempos cortos; el proyecto hasta el año 2002, comprende:

Barreras vivas.....	871.0 ha
Barreras muertas.....	1139.0
Terrazas individuales.....	990.0
Aplicar carbonato.....	2549.0
Aplicar Mat. Orgánica.....	2050.0
Rotación de cultivos.....	871.0
Abono verde.....	1005.0
Total.....	9475.0 ha

Para la detección, evaluación, categorización de estos procesos, utilizamos los levantamientos directos, mapas y fotomapas de varias escalas (1 :5000; 1 :10000; 1 :25000) en que se aplicaron los métodos de Fotointerpretación y Cotejo además de que en los levantamientos directos se comprobaron los lugares que ofrecían dudas sobre el estado a informar; de esto surgen planes estatales y regionales para la detención y/o eliminación del fenómeno ocurrente.

### 3.3.5 Minería.

Atendiendo a la extensión superficial que ocupa la propia cuenca (se refiere a las áreas aledañas al cauce), 26 hectáreas son dedicadas a la explotación minera a cielo abierto. El mayor número de yacimientos existentes en el área es de materiales de construcción, en especial arena la cual se emplean en las propias inversiones de la provincia, exceptuando la arena sílice que es comercializada a otros territorios del país.

Es meritorio señalar que 50 hectáreas son utilizadas como material de préstamo para las distintas construcciones que se llevan a cabo dentro de la propia cuenca.

Entre los yacimientos más importantes podemos mencionar los siguientes:

Nombre del yacimiento	Extensión (ha)	Municipio
Santa Teresa	7.2	Sandino
San Ubaldo	9.0	Sandino
Santa Barbara		Sandino
Mármol Gris	5.0	Guane
Los Portales		Guane
La Lata	11.3	Minas de Matahambre

### 3.4 ESTADO ACTUAL DEL CAUCE.

El cauce del río Cuyaguajeje presenta alteraciones en sus márgenes lo que ha originado el deterioro de sus taludes naturales acorde a los materiales que lo conforman provocando un estado de inestabilidad que, en algunos casos, ha provocado derrumbes y derramaderos que contribuyen con el deterioro de sus parámetros y por tanto deprimen su capacidad de evacuación o modifican el régimen medio de la escorrentía en cuanto a profundidad, velocidad y área de circulación. Se presentan áreas desprovistas de protección ya que las labores culturales se acercan en extremo a las márgenes provocando condiciones erosivas muy pronunciadas, de sus 112.4 Km. de longitud, menos del 40% mantienen bosques de ribera de unos 6.0 metros de ancho, y aproximadamente un 20% posee la amplitud para ser considerados como franjas hidrorreguladoras por tener entre 3 y 5 veces el ancho del río de extensión. La longitud de todo el cauce inferior (aproximadamente 25 Km.), está desprovista totalmente de bosques de ribera.

En los bosques de ribera abundan especies cuyos frutos son aprovechados como alimento animal, debido a esto, se tienen como áreas de pastoreo y estancia de animales domésticos como los caprinos y los porcinos estas zonas destinadas a comederos, se encuentran con un elevado estado de inestabilidad física ya que no mantienen el talud natural que poseían.

Las obras reguladoras construidas, mantienen un área de remanso muy propicia para el desarrollo de especies hidrófilas, que se pueden considerar invasoras, esta situación perturba el régimen de escorrentía y propicia que los desbordamientos se sucedan con mayor frecuencia, no permite el efecto lumínico en el agua afectando a la fito diversidad de esa zona, esta situación presenta una dimensión tal que será en extremo trabajoso su recuperación.

Debido a estas manifestaciones negativas, el cauce presenta modificaciones en su estructura:

- Modificaciones en los taludes de las riberas.
- Acumulaciones de arrastres en sus meandros que han provocado cambios de dirección del cauce.
- Afectaciones en sus parámetros hidráulicos que han modificado el caudal de circulación admisible que no provoca desbordamientos ( $Q_{cn} = m^3/seg.$ ) que expresa el caudal que circula por un cauce sin rebasar los niveles de velocidad y altura para un lugar escogido.

### 3.5 CONCLUSIONES.

Lo señalado en los acápites anteriores, permite emitir las señales de aviso para detener el avance de los impactos antrópicos y tomar medidas para su minimización, al mismo tiempo que nos prepara para recepcionar los efectos naturales que se derivan de situaciones y eventos extraordinarios en cuanto a la dinámica del agua y sus acciones.

Principales problemas identificados en la cuenca del río Cuyaguateje.

1. Existencia de 8 fuentes principales de contaminación de las cuales 4 no tienen sistema de tratamiento de residuales. Todas en general aportan una carga estimada de 1075 Tn/a.
2. Erosión y degradación de los suelos, con un 43.7% del área física en categoría de fuertemente erosionados y un 34.5% poco erosionado (en total aproximadamente un 78% de poco a fuertemente erosionado).
3. Problemas de abasto de agua caracterizado esencialmente por suministro muy discontinuo, mal estado de la red de distribución (donde existe), consumos directos del río en secciones de mala calidad de las aguas.
4. Inexistencia de sistemas de alcantarillado en los asentamientos por lo que las aguas albañales y excretas son depositadas en letrinas y fosas, muchas de las cuales vierten directamente al río (un porcentaje elevado de la población dispersa utiliza el fecalismo al aire libre).
5. No existen actualmente sistemas adecuados de tratamiento de los desechos sólidos, en muchos casos la basura se dispone individualmente en el ámbito de la vivienda.
6. Deforestación en márgenes del río principal y sus afluentes, incluyendo prácticas de desmonte y sobrepastoreo en dichas márgenes.
7. Insuficiente aplicación de programas de educación ambiental y capacitación en comunidades y sectores dentro de la cuenca.
8. Insuficiente conocimiento y estudios actuales de la diversidad biológica, por lo que se relacionan las prioridades investigativas que requiere la cuenca estudiada.
  - Estudio y profundización de las comunidades faunísticas asociadas a los diferentes ecosistemas, estado actual y grados de amenazas.
  - Elaboración e implementación de proyectos de Educación Ambiental encaminados a lograr la sensibilización, concientización y participación de todos los habitantes del área.
  - Capacitación de decisores, directores y líderes de las distintas instituciones y comunidades para lograr una adecuada Gestión Ambiental en la cuenca.
  - Elaboración de Planes de Manejo de las Areas Protegidas que están dentro de la cuenca, según metodología orientada por el Consejo Nacional de Areas Protegidas (CNAP).
  - Estudio, elaboración y aprobación de proyectos dirigidos a la recuperación ecólogo-económica de las sub cuencas hidrográficas que conforman la cuenca estudiada.

- Continuar desarrollando los trabajos de estudio y aplicación de resultados científico- técnico en las cuencas hidrográficas de la provincia.

Como puede observarse en el diagnóstico presentado, se relacionan los aspectos fundamentales en los que se tiene que enfatizar en los estudios e investigaciones a fin de lograr soluciones a corto y mediano plazo para recuperar las cualidades y características necesarias para considerar posible un desarrollo sostenible en el tiempo, además este trabajo constituye la guía fundamental para las proyecciones de un uso adecuado del agua y una mejor gestión de los recursos vegetales que brinda la cuenca.

## **CAPÍTULO IV:**

### **LOS RECURSOS HÍDRICOS DE LA CUENCA DEL RÍO CUYAGUATEJE**

#### **4.1 INTRODUCCIÓN.**

Los recursos hídricos de una cuenca potencian el desarrollo social a través de la diversidad biológica que admita en correspondencia con la disponibilidad de agua asimilable de que disponga para el uso y consumo tanto de animales y plantas como de los asentamientos humanos con sus esferas productivas y de servicios, sin embargo, el comportamiento climático no es homogéneo en toda la superficie que ocupa la cuenca y sus potencialidades varían en correspondencia con la pluviometría estacionaria que reciba, es decir, la distribución de las lluvias en el tiempo y la forma en que se precipita en cada zona o territorio de la cuenca, de manera que, en forma natural, los recursos hídricos dependen de aspectos no controlables por las administraciones locales como la temperatura, la evaporación, el déficit de saturación que se presente, etc.

Estas situaciones no son privativas de una u otra región climática, mas, con las manifestaciones de cambio climático que experimenta nuestro planeta, esta condición inestable de las potencialidades hídricas de una cuenca hidrográfica obliga a la comunidad técnica a la realización de estudios encaminados a la gestión adecuada y al uso racional de este bien de la humanidad, abundan los ejemplos sobre esta problemática como lo expresa Rico Amorós (1998) acerca de la gestión hidráulica en la comunidad valenciana en la que demuestra fehacientemente el valor que alcanza el agua para el desarrollo regional en cualquiera de sus esferas sociales.

No obstante la divulgación de medidas para la conservación de la calidad de las aguas, de la necesidad de consumir el agua con tratamientos potabilizadores, de los controles sobre los derrames de sustancias y de deshechos y residuales sólidos y líquidos que se vierten a las redes de drenaje de los ríos, éstas no se aplican o cumplen en su totalidad lo que provoca la pérdida de sus propiedades por el proceso inducido de la eutrofización o por la sedimentación de los arrastres que devienen en pérdida de capacidades en la conducción de los ríos o en los volúmenes a embalsar en presas y lagunas. En nuestro caso, como parte de la región tropical en la que nos encontramos, el crecimiento de poblaciones de especies acuáticas y de las algas verde - azules, constituyen muestras del nivel de eutrofización en que se encuentran nuestras fuentes y reservorios que a decir de Rast, W (UNESCO, 1992), esto es un hecho que ocurre por los arrastres de cantidades considerables de fósforo y de nitrógeno hacia los humedales y depósitos de agua, por lo que el control de estas afectaciones es de suma importancia para garantizar el equilibrio necesario a fin de preservar este recurso para las futuras generaciones.

El comportamiento de las lluvias, su incidencia en el tiempo y la forma de precipitarse, han permitido a diferentes investigadores utilizar métodos diferenciados en su representación y al mismo tiempo lo han usado en

clasificaciones climáticas de zonas o regiones con reconocimiento internacional. En este capítulo se utilizarán métodos representativos de fácil entendimiento y ajustados a las necesidades requeridas para los estudios a realizar. Este aspecto queda bien ejemplificado por Kellman & Tackaberry (1997) en *Tropical Environments* donde exponen claramente las características generales de las lluvias en los trópicos y sus incidencias histórico - económicas en el desarrollo zonal.

En este capítulo se muestra el comportamiento de los factores climáticos más influyentes en cuanto a los recursos hídricos de la cuenca del río Cuyaguaje a fin de que al manejarlos dentro del análisis de cada uno podamos tener pleno conocimiento de su actuación en el desarrollo del territorio y su posible uso para nuevas perspectivas de manejo y control, es decir, integra un elemento esencial para la ordenación de un territorio, Grossmann & Bellot (1999), lo relacionan en sus indicaciones sobre Sistemas de Análisis como herramientas para la Planificación Rural.

## 4.2 MATERIALES Y MÉTODOS.

En lo referido a las precipitaciones, en la elaboración de los gráficos, se utilizaron los métodos estadísticos para la determinación de los valores medios, de los rangos de probabilidades de ocurrencia de los eventos, y de sus coeficientes  $C_v$  y  $C_s$ , de manera que se pudieran caracterizar tanto los puntos escogidos como el establecimiento del comportamiento puntual de las lluvias, métodos de representación gráfica como son los de barra, líneas y areales que pueden consultarse en la bibliografía especializada en estos aspectos, tales como Ostle (1984); Ivanov (1976); González (1986); Lee (1980) y otros. En este trabajo se utilizaron los métodos de análisis estadísticos de los mínimos cuadrados y del coeficiente de correlación  $r$  para el análisis de las correlaciones y determinaciones de ecuaciones  $y=fx$  y de  $x=fy$

La elaboración de los mapas, se realizó a partir de la base cartográfica 1:50 000 con una reducción gradual a la escala 1:250 000; utilizando el método de las coordenadas cartesianas para ubicar los puntos seleccionados; el trazado de las isolíneas se realizó mediante el método de extrapolación de valores entre puntos (Polígono de Thiessen 1976), uniéndolos entre sí con el método de isoyetas para valores enteros con equidistancia pre fijada. La delimitación del parte aguas de las subcuencas, se basa en la corrida de la línea que indica la divisoria de las aguas, tomando como punto de cierre a la unión de la corriente del cauce secundario con el cauce principal, en nuestro caso con el río Cuyaguaje, para las 26 subcuencas en que se estructura.

Un aspecto esencial para establecer los beneficios directos que producen las precipitaciones es el denominado Lluvia Aprovechable, detalle que permite la toma de decisiones tanto en el proceso de ordenamiento como en la actividad productiva en la explotación del recurso agua, sobre esta consideración, en nuestro caso se utiliza el método de Savo (Rey, 1987) en el que se aplica la fórmula:  $Ll_a = Ll_r(m_1 m_2)$ . Donde  $Ll_r$  es la precipitación real y  $m_1$  y  $m_2$  son coeficientes empíricos que refieren las características de la lluvia (en cuanto a la lámina), el terreno según tipo de suelo y la pendiente del lugar. Utilizando la lluvia media calculada para muchos años en cada una de las estaciones para el caso de la planificación del uso del agua para la explotación mensual o estacionaria y teniendo en cuenta para la orientación de los planes de desarrollo de la actividad del riego, lluvias aprovechables para años del 75% de probabilidad de ocurrencia (año medio seco) con la finalidad de mayor seguridad en los valores que se planifiquen en esta actividad, este método se recomienda por el Instituto de Investigaciones del Riego y el Drenaje del MINAGRI. (Ministerio de la Agricultura).

Para la determinación del área de cobertura de la tierra en cada una de las subcuencas se utilizaron métodos directos y métodos indirectos, así tenemos entre los directos que el más utilizado fue el de marcha ruta para el reconocimiento del terreno y su enmarcamiento en mapas escala 1:50 000 para zonas de gran extensión y que presentan cobertura común (pinares, mogotes, cultivos, etc.), también se utilizó el método de delimitación in situ, para zonas de cobertura heterogénea, ubicándolos en hojas cartográficas escala 1:10 000 (Zona Francisco, Jagualito, Calientes, etc.), entre los métodos indirectos utilizamos el de Fotointerpretación mediante fotos aéreas de igual altura de vuelo y fotomapas escala 1:10 000 para las grandes extensiones, cursos fluviales, bosques de galería, calveros, y otros usos de la tierra. La relación areal entre lo mapeado y lo observado se toma en dependencia a la escala de trabajo, de esta forma se atenúan las diferencias areales posibles a existir; para 1:50 000  $fa = 0.95 - 0.98$ ; para 1:10 000,  $fa = 0.97 - 0.99$ . ( $fa$  = factor areal).

En el estudio inicial se realizó el cálculo del escurrimiento medio anual de cada una de las subcuencas por el método de Batista (1982), utilizado por las entidades de diseño y ejecución de obras hidráulicas (INRH - IPROYAZ - MINAGRI); se aplicaron con un carácter orientador del volumen anual que escurre en un cauce.

### 4.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

#### 4.3.1 Precipitaciones.

El régimen de las precipitaciones está determinado por procesos sinópticos, por la actividad ciclónica y por la orografía del lugar. Una red de pluviómetros (26) que se tienen en el territorio de la región, permite en suficiente medida caracterizar las particularidades de las precipitaciones tanto por el área como por las zonas de altura.

Los valores de las precipitaciones medias mensuales y anuales se dan en los Mapas Climáticos de cada uno de los cursos del cauce (superior, medio e inferior) (Ver Capítulo III), y en el Mapa de Isolíneas de Precipitaciones Media Anual (Ver Capítulo II).

La precipitación media anual de la cuenca es de 1447 mm. Observando los datos, se comprueba que esta lámina se distribuye desigualmente sobre el territorio de la cuenca correspondiendo a las zonas amogotadas de la Sierra de los Organos las mayores precipitaciones 2040 mm y disminuyendo hasta 1190 mm en las áreas aledañas a la parte sur de la cuenca. Para la descripción de la distribución territorial de las precipitaciones se elaboró el Mapa de Isolíneas de Precipitaciones (ver Capítulo II). Los aguaceros en Cuba que forman las lluvias máximas mensuales pueden ser de procedencia ciclónica o convectiva. La mayor intensidad la alcanzan las precipitaciones en tiempo de paso de ciclones tropicales. En la cuenca del Cuyaguateje se aprecia, al igual que en otras zonas montañosas de la provincia de Pinar del Río, que la distribución de las precipitaciones responde fundamentalmente a las causas señaladas por Trusov (1977), cuando plantea en primer término, que las distintas regiones del territorio nacional experimentan diferente influencia de los procesos atmosféricos, condicionado por el sistema general de la circulación del aire; en segundo término, la compleja estructura de la cuenca, con grandes contrastes topográficos, influye notablemente sobre los procesos de formación de las precipitaciones y en tercer término, se considera que el calentamiento irregular de la superficie de tierra firme y de las aguas costeras influye sobre las precipitaciones en el territorio.



Esta variabilidad en las precipitaciones, es la forma normal de comportamiento de esta variable, ya que por su origen y diferencias zonales, según Richards(1996), estas manifestaciones permiten clasificar a los territorios en función de dos elementos variables, la temperatura del aire en  $^{\circ}\text{C}$  y la lámina de precipitaciones en meses húmedos, secos y muy secos, al respecto, el método de Selianinov, tomado de (Kulicov,1980), se basa en las mismas variables con similares resultados lo que permite su aceptación.

El Mapa de Isolíneas refleja el listado de las estaciones pluviométricas que se ubican en el área de la cuenca además de algunos fuera de ella a manera de relleno para la proyección de las isoyetas trazadas, en el listado aparecen la fecha de inicio de la estación, su ubicación geográfica y el valor medio de las precipitaciones para los años registrados, es decir, que se avala el tiempo y en todos los casos sobrepasan los 15 años lo que indica la calidad de los datos utilizados.

La humedad relativa tiene poca variación en la cuenca manteniendo un rango anual que varía en cada uno de los cursos del cauce, en la zona montañosa, se ubica en un 85% promedio mientras que cerca de la costa se tiene un valor medio de 78%. Los meses con mayor humedad relativa son los de verano condicionado por el aumento de humedecimiento (mayo - octubre). En los meses de invierno la humedad relativa es menor. El mes de más baja humedad del aire es en Abril que registra de 73 a 76% lo que le confiere una potencialidad evaporante mayor que el resto de los meses. Esta variable es de gran importancia agronómica ya que influye sobre los procesos biológicos de las plantas al tiempo que modifica el poder evaporante del lugar por lo que influye también en los resultados productivos finales tanto en calidad como en cantidad de los frutos cosechados, sobre este particular, en similares términos, se han pronunciado Coraza y Quintero(1991), Rudnev(1980), Golley y Bellot(1998), Satterlund y Adams(1992), Lee(1980), Richards(1996), éste último señala que en áreas tropicales de bosques húmedos, se caracterizan a través del año por poseer una humedad relativa elevada (60 - 80%) y muy elevada durante la noche(95 -100%), lo que nos indica que los valores registrados se encuentran en el rango para nuestra condición tropical.

#### **4.3.2 Evaporación.**

En la provincia se realizan observaciones regulares de la evaporación utilizando el método del Evaporímetro clase "A". Los valores de la evaporación y su distribución por meses se muestran en los mapas de caracterización climáticos de cada parte de la cuenca, esta variable de gran importancia para la vida animal y vegetal, se controla en siete estaciones en la provincia, las que se ubican dos en la costa norte, una costera en cabo de San Antonio, una a 10 Km de la costa y las tres restantes en la zona de la llanura sur, por la participación en la determinación del régimen de riego de los cultivos y como elemento indispensable para la determinación de varios parámetros agronómicos y productivos, se ha estudiado por varios investigadores entre los que se encuentran, Rey (1986), Quintero(1991), Pacheco et al.(1995) los que coinciden en la importante participación de este factor en la productividad y en la calidad de los resultados agro forestales.

En estudios realizados acerca de la evapotranspiración potencial, se determinó la relación entre la altitud y la evaporación media anual para la provincia de Pinar del Río(León Coro1997) la que alcanza el valor de  $0.667 \text{ mm}^{\circ}\text{m}^{-1}\text{año}$  (positivo hacia cotas más bajas). Como se observa en el gráfico de caracterización climática, la evaporación mensual alcanza valores entre 125 y 230 mm, es decir, entre 4,2 y 7,6 mm/día; de los reportes meteorológicos del Caribbean Meteorological Institute (citado por Richards, 1998), para Guyana, Dominica y Barbados, Islas de las

Antillas menores, los valores de la evaporación se ubican en el rango de 105 a 210 mm/mes, unos 3,5 a 7.0 mm/día, tomando en cuenta la ubicación más al sur de estos pequeños estados insulares, se aprecia que la evaporación media diaria es similar a la que se manifiesta en la cuenca en estudios; Lee(1980), manifiesta que el valor de la evaporación está influenciado por diferentes factores, entre los que destaca la radiación solar y su energía el déficit de saturación que se presenta en correspondencia con la temperatura, la humedad relativa del lugar y otros factores que influyen directamente sobre la evaporación. Al respecto, sabemos que estos factores se manifiestan con mayor intensidad hacia las costas, y al disminuir el valor de la humedad relativa, todos los valores de la evaporación se elevan de forma proporcional, caracterizando el sentido que adquiere el gradiente calculado para la cuenca, en cuanto a la validación del valor alcanzado, de la literatura consultada, este aspecto es poco tratado, sin embargo, citamos algunas experiencias que pudieran enmarcar el propósito buscado, así tenemos que, Satterlund & Adams,(1992) manifiestan que en el efecto orográfico, el gradiente de temperatura de  $1.0^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ , con sentido negativo hacia la elevación en altura, es un factor influyente en el aumento de la humedad relativa y por ende una disminución en la evaporación. Richards(1998), considerando los estudios de Odum et al., en la montaña Luquillo, al este de Puerto Rico, se observa que se cumple la acción del gradiente en el ascenso de la altura ya que al disminuir la temperatura, elevarse la nubosidad y el nivel de condensación creciente con la altura, disminuye considerablemente el déficit de saturación de la atmósfera, provocando una mayor posibilidad de ocurrencia de lluvias.

### 4.3.3 Hidrología

En los datos expuestos en la tabla siguiente, se presentan las características del escurrimiento, comparándose los valores registrados de las tres estaciones hidrológicas existentes en el Río Cuyaguaje. Los resultados del gasto medio anual ( $Q_0$ ) hasta el cierre en la desembocadura del río aparecen en el Esquema Regional Precisado de la Provincia de Pinar del Río del año 1988 resultando ser de  $13.4\text{ m}^3/\text{seg}$ , mientras que el volumen medio disponible es de 422.0 millones de  $\text{m}^3$ .

#### Escurrimientos por estaciones hidrometeorológicas.

Estación	Ubicación	Area de Cuenca $\text{Km}^2$	$Q_1$ $\text{m}^3/\text{seg}$	$Q_2$ Max.	$Q_3$ Max	$Q_4$ Min.	$Q/A$ $\text{l/s/km}^2$	$Q_{\text{max}}/A$ $\text{m}^3/\text{s/km}^2$
V Aniversario	N 294.3							
	E 199.4	157	3.72	4.53	144	0.13	23.7	2.88
La Guira	N 285.3							
	E 189.3	281	6.67	758	220	0.15	23.6	2.70
Portales II	N 271.4							
	E 182.3	502	11.7	1393	485	0.61	23.2	2.77

Detalles:  $Q_1$ = Gasto medio Anual;  $Q_2$ = Gasto máximo;  $Q_3$ = Gasto medio máximo;  $Q_4$ = Gasto medio mínimo. En casos extremos el  $Q_{\text{min}}$  en la Estación La Guira es cero (0), debido a la zona cavernosa anterior a la estación que tiene el cauce del río.

El sistema hidrográfico está representado por los ríos: Cuyaguaje y sus afluentes principales Guasimal (89 Km<sup>2</sup>), Frío (62.3 Km<sup>2</sup>), Portales (57.2 Km<sup>2</sup>) y El Junco (46.6 Km<sup>2</sup>), en total el sistema se subdivide en 26 sub cuencas que se representan en el **Mapa de Estructura Hidrológica**.

En esta cuenca existen dos embalses principales: Presa “Cuyaguaje” (58.4 Hm<sup>3</sup>) construida en 1967 y la Presa “El Mulo” (7.5 Hm<sup>3</sup>) construida en 1994. Ambas construcciones se encuentran en buen estado. La presa Cuyaguaje alcanza su volumen al derivar las aguas del río hacia el sistema de lagunas formando lagos de no más de 5 m de profundidad denominados: “El Pesquero”, “Alcatraz Grande”, “Alcatraz Chico” y “Santa Bárbara”.

#### 4.3.3.1 Hidrología subterránea (Hidrogeología).

Existen dos acuíferos fundamentales, acuíferos de los depósitos de edad Cuaternaria y acuíferos de los depósitos de edad Neógeno, (época miocénica) este último es el de mayor importancia en la cuenca porque constituye la fuente principal de abasto a ciudades, pueblos, instalaciones sociales y para el riego.

Existen hacia los cursos superiores y medios de la cuenca acuíferos pobres sobre las rocas areno arcillosas y un acuífero muy rico hacia las rocas carbonatadas, este último es el que mayores posibilidades mantiene de aportar agua a las corrientes fluviales para que se mantengan permanentes durante el período hidrológico seco. Hacia el curso inferior existen dos acuíferos, uno libre en depósitos areno - arcillosos cuaternarios y uno confinado en depósitos carbonatados miocénicos, siendo este último el de mayor importancia.

En la parte norte del acuífero la profundidad promedio de los niveles está entre 7 y 30 metros y en la zona sur del acuífero los niveles se encuentran a menor profundidad, generalmente está entre 5 y 11 metros. La dirección del flujo o drenaje de las aguas subterráneas es de norte a sur siendo el gradiente hidráulico muy pequeño.

La cuenca Cuyaguaje se dividió en tres tramos hidrogeológicos para una mejor distribución de los recursos subterráneos y mayor control del equilibrio hidrodinámico de la cuenca. Esta división abarca todo el territorio del curso inferior del cauce, y contempla los territorios aledaños a los límites de la cuenca dada la dirección de la escorrentía subterránea comprobado por el ángulo de abusamiento que presentan las capas

#### Parámetros hidrogeológicos por cada tramo.

- Tramo PI-1.

Coefficiente de permeabilidad zonal (K) _____	10 – 50 m/d
Trasmisibilidad zonal (T) _____	100 – 2000 m <sup>2</sup> /d
Abatimiento zonal (S) _____	2 – 10 m
Coefficiente de almacenamiento (S) _____	9 x 10 <sup>-2</sup>
Gasto específico zonal (q) _____	1 – 20 l/s/m
Radio de influencia ® _____	1000 m
Caudal zonal (Q) _____	10 – 40 l/s

En la parte norte del caudal varía de 1 – 10 l/s, condicionado por el poco desarrollo cárstico de la roca acuífera.

- Tramo PI-2.

Coefficiente de permeabilidad zonal (K)	_____	25 – 125 m/d
Trasmisibilidad zonal (T)	_____	1000 – 5000 m <sup>2</sup> /d
Abatimiento zonal (S)	_____	1 – 3 m
Coefficiente de almacenamiento (S)	_____	9 x 10 <sup>-2</sup>
Gasto específico zonal (q)	_____	3 – 60 l/s/m
Radio de influencia ®	_____	600 m
Caudal zonal (Q)	_____	10 – 60 l/s

El caudal por pozos es variable, el mismo está condicionado por la acuosidad del acuífero y la intrusión marina, por ejemplo, en la parte sur del tramo, cerca de la costa el gasto permisible es menor a 10 l/s para evitar el aumento de la salinidad del acuífero.

- Tramo PI-3.

Coefficiente de permeabilidad zonal (K)	_____	5 – 30 m/d
Trasmisibilidad zonal (T)	_____	50 – 1000 m <sup>2</sup> /d
Abatimiento zonal (S)	_____	3 – 15 m
Gasto específico zonal (q)	_____	< 6 l/s/d
Radio de influencia ®	_____	1000 m
Caudal zonal (Q)	_____	1 – 10 l/s

Este tramo se caracteriza por la poca acuosidad en la parte norte donde la máxima extracción por pozos es de 10 l/s. En la parte central y sur la capacidad acuífera es mayor, pero debido a la peligrosidad de salinización del acuífero la máxima extracción permisible por fuente de abasto es de 10 l/s.

#### 4.3.3.2 Distribución zonal (Subcuencas superficiales)

La estructura hidrológica está conformada por 26 sub cuencas tributarias que condicionan una red de diferentes categorías de corrientes lo que le confiere una composición heterogénea dado por la condición de simetría o asimetría que presentan y que influye en el hidrograma unitario en cada uno de los puntos de análisis, partiendo de la longitud del afluente más largo en la zona del nacimiento y hasta la desembocadura, hemos considerado un total de 4 puntos de control y análisis del escurrimiento para poder determinar los aportes que se suceden en cada uno de ellos y así poder realizar un balance parcial zonal relacionando las ofertas del río y la demanda de los usuarios y de esta manera considerar esta estructura para diferentes situaciones probabilísticas y proyectar las alternativas de solución factibles y/o contribuir al pronóstico de seguridad para los casos de emergencia climática.

Acorde con la cobertura que presente la superficie de la sub cuenca y de los grados de pendientes que predominen en cada área, el escurrimiento que circulará por el cauce será modificado para cada probabilidad de lluvia en que se considere para el análisis necesario, por estas razones, la información contendrá lo siguiente:

- Area total de la subcuenca o unidad territorial en ha y en km<sup>2</sup>

- Pendiente del terreno en los rangos de 0 a 5.0%; 5.1 a 10.0%; 10.1 a 30.0%
- Textura, considerando genéricamente: Gruesa; Media y Fina
- Cobertura o uso agropecuario - forestal en: Bosques; Areas de pastizales; terrenos cultivados.

Con la tabla de caracterización, se puede establecer para cada uno de ellos las simulaciones sobre el gasto de circulación en el cauce por cada uno de los puntos seleccionados para realizar este control, que se ubican en las siguientes coordenadas:

I= N- 294.3; E- 199.4 --- II = N- 285.3; E- 188.1 --- III = N- 271.4; E= 182.3

Estos se corresponden con los puntos del cauce en que se establecen el curso superior, el inicio del Curso Medio, y el inicio del Curso Inferior, controlados por las estaciones existentes. En cada uno de estos puntos se elabora el Perfil Topográfico de la Sección Transversal del río con una distancia a ambos lados que permita la elaboración de las curvas y gráficos del comportamiento del escurrimiento, lo que facilitará la comprensión de este modelo auxiliar de cálculo. (ver Capítulo VI)

La determinación del volumen del escurrimiento de cada una de las subcuencas, permitirá establecer el plan de uso y manejo del recurso agua de forma general en la fase de organización de los recursos y su planeamiento en relación con sus potencialidades y además ilustra la posibilidad futura de obras a ejecutar, en el caso de las lluvias medias registradas, permite establecer comportamientos comparativos para determinar los límites de aceptación de eventos extraordinarios que impacten negativamente en los territorios que se estudian en cada punto de observación y control que se utilizan en los estudios de ordenamiento agropecuario - forestal de una cuenca hidrográfica como la que nos ocupa en este trabajo.

A continuación se relaciona la caracterización de las subcuencas en cuanto a la cobertura de su territorio:

Ocupación de la tierra y pendiente natural de cada territorio													
Nominación	Área Km <sup>2</sup>	lluvia med	Hm snm	Bosques			Pastos			Cultivos			Área
				>5%	5-10%	10-30%	>5%	5-10%	10-30%	>5%	5-10%	10-30%	Ha.
Quemado	35.5	1750	150	530	710	535	355	350	--	710	300	60	3550
Juan Alons	18.8	1725	170	190	185	380	95	185	--	565	230	50	1880
El Mulo-Ca	36.6	1720	175	365	730	1470	---	185	185	540	165	20	3660
Coloradas	4.7	1600	200	25	50	70	---	50	---	160	85	30	470
Sumidero	13.4	1540	200	135	200	470	---	70	130	245	50	40	1340
Calientes	9.4	1650	185	145	140	190	45	95	---	250	140	35	940
Arenales	13.1	1650	190	130	260	530	---	130	---	180	40	20	1310
Canteras	29.7	1678	225	300	590	1185	150	295	150	190	85	25	2970
Macagua	24.0	1680	170	120	240	600	120	360	120	570	240	30	2400
Jagualito	10.0	1444	135	100	100	300	200	150	50	100	---	---	1000
Fco-Jocu	23.6	1714	130	235	355	825	235	470	---	115	95	30	2360
Ceja Junc	25.0	1766	210	375	375	750	375	100	25	345	125	30	2500

ValleLLazo	7.5	1763	200	35	75	110	150	110	40	195	25	10	750
GramPPic	19.0	2765	150	190	190	760	95	150	40	255	190	30	1900
Tenerías	21.9	1479	135	220	210	880	325	215	125	170	30	20	2190
Portales	61.7	1444	165	615	925	2780	615	300	320	280	310	30	6170
Angelita	17.6	1545	100	340	360	700	85	175	---	70	20	10	1760
El Zarzal	16.9	1288	75	170	170	1010	---	85	85	100	50	20	1690
Río Frío	58.1	1350	150	1150	1170	2900	90	400	20	50	20	10	5810
Cayo negr	15.8	1237	125	160	150	950	80	110	50	50	25	5	1580
Cota 100	16.4	1288	75	315	335	820	40	100	30	----	---	---	1640
Guasimal	74.0	1250	70	1110	1850	1480	720	700	60	1110	370	---	7400
Bagazal	13.3	1280	35	265	135	---	400	265	---	225	40	---	1330
Lagunas	98.7	1190	15	980	1880	---	3040	1970	---	1480	520	---	9870
Los negro	29.4	1100	10	295	---	---	1760	---	---	885	---	---	2940
Derivadora	28.9	1200	15	290	---	---	1160	290	---	860	290	---	2890

Dado la anterior justificación teórica, y aplicando el método de Batista JL para determinar los volúmenes de la escorrentía de los cauces que integran la red de evacuación de las cuencas hidrográficas en nuestro país, se tiene la información contenida en la siguiente tabla:

**Volúmenes medios del escurrimiento anual y gastos de circulación ponderados por subcuenca.**

Nominación	Area Km <sup>2</sup>	lluvia mm	Hm snmm	U <sub>1</sub>	U <sub>2</sub>	U <sub>0</sub>	Lamina Y mm	Mo l/s/km <sup>2</sup>	Cv	Wmed 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	Qmedio m <sup>3</sup> /seg
01-Quemado	35.5	1750	150	0.78	-0.11	0.54	767	24.32	0.425	27.229	0.863
02-Juan Alon	18.8	1725	170	0.72	0.16	0.57	780	24.74	0.422	14.664	0.465
03-ElMulo-Ca	36.6	1720	175	0.71	0.22	0.57	780	24.74	0.422	28.548	0.905
04-Coloradas	4.7	1600	200	0.12	0.48	0.27	663	21.03	0.445	3.116	0.099
05-Sumidero	13.4	1540	200	-0.02	0.48	0.10	600	19.03	0.457	8.040	0.255
06-Calientes	9.4	1650	185	0.17	0.32	0.19	630	19.98	0.451	5.922	0.188
07-Arenales	13.1	1650	190	0.17	0.37	0.21	639	20.27	0.450	8.371	0.265
08-Canteras	29.7	1678	225	0.25	0.75	0.35	695	21.41	0.443	20.642	0.655
09Macagua C	24.0	1680	170	0.27	0.16	0.24	650	20.62	0.447	15.600	0.495
10-Jagualito	10.0	1444	135	-0.25	0.26	-0.12	308	9.77	0.514	4.000	0.127
11-Fco-Jocu	23.6	1714	130	0.68	-0.30	0.43	723	22.93	0.433	17.063	0.541
12-Ceja Junc	25.0	1766	210	0.82	0.64	0.75	847	26.86	0.409	21.175	0.671
13-Valle Lazo	7.5	1763	200	0.81	0.48	0.70	828	26.26	0.413	6.210	0.197
14-GramPica	19.0	2765	150	0.81	-0.11	-0.11	310	9.83	0.513	7.657	0.243
15-Tenerías	21.9	1479	135	-0.09	0.26	-0.01	560	17.76	0.465	12.264	0.389
16-Portales	61.7	1444	165	-0.25	0.08	-0.16	511	16.21	0.473	36.528	1.158
17-Angelita	17.6	1545	100	-0.00	-0.76	-0.18	505	16.02	0.475	8.888	0.282
18-El Zarzal	16.9	1288	75	-1.50	-1.38	-1.42	464	14.72	0.483	7.842	0.249
19-Río Frío	58.1	1350	150	-1.24	0.34	-0.83	342	10.85	0.507	19.870	0.630

20-Cayo negr	15.8	1237	125	-1.66	-0.11	-1.24	269	8.53	0.521	4.219	0.134
21-Cota 100	16.4	1288	75	-1.50	-1.38	-1.42	247	7.83	0.525	4.051	0.128
22-Guasimal	74.0	1250	70	-1.64	-1.38	-1.55	230	7.29	0.530	17.020	0.540
23-Bagazal	13.3	1280	35	-1.56	-2.12	-1.63	220	6.98	0.531	2.926	0.093
24-Lagunas	98.7	1190	15	-1.74	-2.20	-1.78	207	6.57	0.533	20.431	0.648
25-Los negro	29.4	1100	10	-1.80	-2.20	-1.83	203	6.44	0.534	5.968	0.189
26-Derivador	28.9	1200	15	-1.73	-2.20	-1.87	203	6.44	0.534	5.867	0.186
<b>Sumatoria</b>	<b>723.0</b>									<b>333.84</b>	

#### 4.3.4 Distribución interanual del escurrimiento.

La determinación de la distribución interanual del escurrimiento es una tarea bastante complicada, especialmente cuando no se cuenta con mediciones directas del escurrimiento superficial esta cuestión es una de las que tiene menos solución práctica debido a los diversos y complejos factores que influyen en la distribución del escurrimiento interanual. En este caso contamos con tres estaciones teniendo las mismas series de observaciones lo suficientemente largas para poder valorar la distribución del escurrimiento interanual y sus probabilidades.

Las tres estaciones se encuentran funcionando actualmente. En la tabla de la distribución interanual del escurrimiento por meses en por ciento y gasto para las probabilidades solicitadas se muestra esta situación en cada una de ellas.

##### 4.3.4.1 Intensidades de Lluvia para Eventos Extraordinarios.

El evento más significativo ocurrido en la cuenca que ha sido registrado es el ciclón Alberto el 2-3 de junio de 1982. Los equipos registradores con que se cuenta no están diseñados para intensidades tan altas, además de tener muchos años de explotación por lo que todos los equipos existentes no registraron este suceso. Por ello se ofrecen los datos de los equipos PR-140, y PR-394 que tienen registros sin interrupción. Estos equipos están situados en las siguientes coordenadas:

PLUVIOGRAFO	COORDENADAS	
	NORTE	ESTE
<i>PR-140</i>	300.20	208.20
PR-394	255.60	182.20
PR-354	271.05	182.60

##### 4.3.5.2 Gastos Máximos y Mínimos Ocurridos.

**Máximos:** Las características y frecuencias de las avenidas en nuestros ríos está estrechamente relacionada con las condiciones de clima tropical de nuestro país, en el cual se definen claramente dos períodos muy bien representados por su acuosidad: período seco y período húmedo.

El período húmedo comienza en la primera quincena de mayo y se extiende hasta la primera quincena de noviembre. En este período ocurren los valores máximos asociados fundamentalmente a perturbaciones ciclónicas o bajas tropicales que provocan intensas y abundantes lluvias.

En la cuenca del Cuyaguateje las avenidas están sometidas a transformaciones naturales provocadas por las grutas que atraviesa el río, además de los valles intramontanos donde el gasto instantáneo sufre gran disminución y los hidrógrafos se aplanan provocando una retención de la avenida.

**Mínimos:** El escurrimiento mínimo se puede expresar como el gasto más pequeño que se puede apreciar en la época de estiaje.

Se entiende por estiaje, en su orden, a los períodos dentro del ciclo anual con poca acuosidad determinados por un descenso brusco de la corriente de agua desde el área de la cuenca. También se puede definir como el escurrimiento de permanencia prolongada o los niveles y gastos bajos cuando la alimentación de los ríos ocurre a partir de las aguas subterráneas al cortarse el aporte superficial.

En este caso puede llamar la atención que en la estación de aforo La Güira se seca frecuentemente en el período de estiaje y no así en las demás estaciones. Ello es debido a un gran lente de arena que existe en este tramo del río, que cuando disminuyen grandemente los gastos el agua percola por debajo del mismo

#### **4.3.4.3 Intensidades de las lluvias para diferentes probabilidades.**

Para determinar los valores de intensidades máximas de diferentes probabilidades en intervalos de tiempo predeterminados se requiere de una gran cantidad de registros pluviográficos ocurridos en la cuenca, para ello se evaluaron más de 150 aguaceros en tres equipos que fueron seleccionados previamente.

En la tabla de las intensidades máximas del 1%, 5% y 10% así como diferentes intervalos de tiempo en minutos, se muestran estas informaciones puntuales.

#### **4.3.4.4 Datos hidroquímicos.**

En la cuenca del río Cuyaguateje existen 16 estaciones de monitoreo de la calidad del agua operadas por el INRH y los 8 focos contaminantes más importantes presentan un régimen especial de control.

Esta cuenca ha sufrido modificaciones propias del desarrollo, tanto en lo agrícola como en lo industrial, principalmente en la zona llana y los valles intramontanos. Desde el punto de vista hidráulico no ha sufrido muchas transformaciones.

El río se considera de baja salinidad ya que el valor de los cloruros y de las sales solubles totales observados en las tres estaciones ubicadas a lo largo del río para el control de su calidad así lo demuestran oscilando los



primeros entre 10 y 17 mg/l y las SST entre 98 y 409 mg/l. Los iones predominantes en esta agua son los Bicarbonatados-cálcicos y de baja mineralización.

En cuanto a las condiciones bacteriológicas del mismo se dan como información en el diagnóstico realizado

#### 4.3.4.5 Sólidos en suspensión.

Como se sabe los materiales de origen mineral (una parte orgánica) pueden ser transportados por el río en tres formas diferentes: 1) en suspensión: los materiales son arrastrados por la corriente sin tocar el fondo, 2) en saltación: los materiales avanzan a saltos sucesivos describiendo trayectorias discontinuas, tanto en el espacio como en el tiempo y 3) en acarreo: los materiales ruedan o se deslizan sobre el fondo.

En este caso se estudian los sólidos en suspensión, que son observados en las tres estaciones de aforo existentes en la cuenca del río Cuyaguateje, bien distribuidas a lo largo del mismo, por tanto puede caracterizarse esta variable con bastante confiabilidad.

Por lo anterior expuesto podemos afirmar que la región presenta una buena cobertura vegetal en la zona alta la cual evita grandemente la perdida de suelos. La mayor actividad agrícola es en los valles intramontanos, pero los mismos tienen poca pendiente lo que es favorable para la duración y protección de los suelos, no obstante, siempre existen pérdidas por mal manejo de los mismos.

Se procesaron estadísticamente los datos de los gastos sólidos  $R$ , de cada estación y posteriormente se aplicaron las fórmulas que aparecen a continuación:

$$R_o = \sum R/n \quad \text{donde: } R_o - \text{gasto sólido hiperanual. ( Kg/s)}$$

$$R - \text{gastos sólidos anuales ( Kg/s)}$$

$$n - \text{número de años de la serie}$$

$$M_s = \frac{31.54 * 10^3 R_o}{A} \quad \text{donde: } M_s - \text{módulo de escurrimiento sólido en suspensión para muchos años}$$

$$(T/Km^2.año.)$$

$$A - \text{área de la cuenca hasta la estación (Km}^2\text{.)}$$

$$\rho = \frac{R_o * 10^3}{Q_o} \quad \text{donde: } \rho - \text{turbiedad media para muchos años (g/m}^3\text{.)}$$

$$Q_o - \text{gasto líquido para muchos años (m}^3\text{/s)}$$

$$W_s = \frac{M_s * A}{\gamma * 10^3} \quad \text{donde: } W_s - \text{volumen de sedimentos promedio anual (10}^3\text{m}^3\text{)}$$

$$\gamma - \text{peso volumétrico de los azolves (Ton/m}^3\text{)}$$

#### Características Hidrográficas de la Cuenca.

ESTACIÓN	COORDENADAS		A Km <sup>2</sup>	L Km	Lc m	Hm m	YL ‰	YI ‰
	N	E						
V Aniversario	294.30	199.30	156	20.8	561	178	4.61	145
La Güira	285.20	189.20	284	41.3	686	183	2.76	180
Portales II	271.05	182.60	526	71.5	882	156	2.10	169

*Distribución Interanual del Esguerrimiento para Diferentes Probabilidades en m<sup>3</sup>/s*

**Estación: V Aniversario.**

Probab	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	Anual
25%	3.31	8.44	4.40	10.3	11.5	5.90	1.71	2.48	0.67	0.52	0.46	2.07	4.31
50%	3.21	8.89	3.25	5.87	8.73	4.33	1.51	1.27	0.83	0.64	0.36	0.79	3.31
75%	1.32	3.80	3.64	5.14	9.31	3.18	1.93	0.92	0.55	0.31	0.18	0.34	2.55
95%	1.24	2.61	2.32	3.29	6.81	2.09	1.20	0.48	0.29	0.21	0.06	0.10	1.72

**Estación: La Güira.**

Probab	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	Anual
25%	5.06	22.2	9.06	20.6	23.6	12.2	3.06	3.37	1.90	1.05	0.53	2.63	8.78
50%	5.63	15.8	6.79	12.5	18.7	9.88	3.16	1.93	1.08	0.62	0.31	0.77	6.43
75%	1.51	8.60	7.14	8.94	18.2	7.32	4.01	1.28	0.46	0.17	0.12	0.29	4.84
95%	1.26	7.37	6.07	6.64	9.85	4.43	1.68	0.53	0.19	0.08	0.01	0.06	3.18

**Estación: Portales II.**

Probab	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	Anual
25%	8.95	39.0	14.9	30.2	33.0	18.6	5.14	1.66	6.46	2.16	4.64	1.16	13.8
50%	8.57	22.5	11.9	20.0	33.6	17.5	6.23	3.38	2.08	1.30	1.69	1.04	10.8
75%	3.18	13.9	12.3	15.9	30.6	13.1	4.87	2.19	1.19	0.90	0.90	0.50	8.29
95%	2.69	11.5	10.4	12.4	19.3	7.12	2.90	1.04	0.62	0.48	0.34	0.21	5.76

**Intensidades Máximas en Eventos Extraordinarios.**

Pluviógrafo	Característica	Intervalo de tiempo en minutos									
		5	10	20	40	60	90	150	300	720	1440
PR-140	P(mm)	14	25	50	90	126	172	250	395	620	760
	I (mm/min)	2.80	2.50	2.45	2.25	2.12	1.91	1.67	1.32	0.86	0.53
PR-394	P(mm)	14	25	47	85	120	170	242	365	460	540

	I (mm/min)	2.80	2.50	2.35	2.12	2.00	1.89	1.61	1.22	0.64	0.38
--	------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

*P- Lámina de Lluvia      I- Intensidad*

PARA 1% DE PROBABILIDAD.

Pluviógrafo	Características	Intervalo de tiempo (min).					
		5	10	20	30	40	60
PR-140	P mm	19	33	57	74	85	103
	I mm/min	3.72	3.31	2.86	2.47	2.13	1.71
PR-354	P mm	16	28	49	66	78	96
	I mm/min	3.11	2.75	2.46	2.19	1.94	1.60
PR-394	P mm	17	31	49	62	71	77
	I mm/min	3.41	3.13	2.47	2.06	1.78	1.28

PARA 5% DE PROBABILIDAD.

Pluviógrafo	Características	Intervalo de tiempo (min).					
		5	10	20	30	40	60
PR-140	P mm	14	26	45	59	68	82
	I mm/min	2.86	2.58	2.25	1.96	1.70	1.36
PR-354	P mm	12	21	38	51	61	75
	I mm/min	2.37	2.14	1.92	1.71	1.52	1.25
PR-394	P mm	12	23	37	46	54	59
	I mm/min	2.45	2.27	1.83	1.55	1.34	0.99

PARA 10% DE PROBABILIDAD.

Pluviógrafo	Características	Intervalo de tiempo (min).					
		5	10	20	30	40	60
PR-140	P mm	12	22	39	52	60	72
	I mm/min	2.45	2.24	1.97	1.72	1.49	1.20
PR-354	P mm	10	18	33	45	53	65
	I mm/min	2.02	1.85	1.67	1.49	1.32	1.09
PR-394	P mm	10	19	31	39	46	52
	I mm/min	2.02	1.88	1.54	1.31	1.14	0.86

**Sólidos en suspensión.**

Estación	A Km <sup>2</sup>	Qo m <sup>3</sup> /s	Ro Kg/s	Ms T/km <sup>2</sup> .año	ρ g/m <sup>3</sup>	Ws 10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup> .año
V Aniversario	157	3.72	0.59	118	159	15.4
La Güira	281	6.63	1.01	112	152	26.5
Portales II	502	11.7	1.70	102	145	44.7

#### 4.4 CONCLUSIONES.

Con el uso y manejo del agua en la actualidad y con los planes de desarrollo prospectivo, se puede establecer una comparación positiva en el sentido de incremento del uso de los volúmenes de agua aplicados en sistemas agrícolas y forestales, industriales, piscícolas y sobre todo en garantía del abasto a poblaciones, considerando en el Plan de Uso del Agua (PUA), los gastos sanitarios y/o de compensación ecológica acorde con las necesidades de los ecosistemas que dependen de este recurso natural, partiendo del volumen de escurrimiento posible de utilizar y de la lluvia aprovechable en cada época y zona, en este sentido, los planes de ordenamiento territorial para el desarrollo zonal, reciben una guía de realización en este capítulo.

Para el análisis de las situaciones o eventos que producen impactos catastróficos que se manifiestan en la dinámica del flujo de circulación con sus componentes de la Velocidad y el Gasto producido por los aportes de las diferentes corrientes que conforman la red de drenaje de la cuenca, puede realizarse en los puntos de control por estaciones hidrometeorológicas señalados en el mapa de Infraestructura Hidrológica, teniendo en cuenta la red pluviométrica presente en el mapa de isolíneas de precipitaciones.

Para la realización de los estudios sobre ordenamiento territorial para el desarrollo rural, los métodos para el análisis de los volúmenes de escurrimientos para diferentes probabilidades de ocurrencia permiten establecer los límites de alcance para las áreas bajo riego o para cultivos de secano y señalar sus metas productivas en cuanto a rendimiento y calidad del producto; permite enfocar el planeamiento hidráulico sobre obras de control, almacenamiento o derivación de los cauces y elaborar el cronograma constructivo más adecuado para la realización de un desarrollo armónico y proporcional del uso del recurso agua.

### CAPÍTULO V: PROPUESTA DE ORDENAMIENTO.

#### 5.1 INTRODUCCIÓN.

La distribución de los aportes de agua provenientes de las lluvias, se puede sintetizar en una parte se consume por la cubierta vegetal y los cultivos (Alrededor del 95%) y la otra parte en otros usos, en correspondencia al lugar en que se ubique, para climas templados se requieren de 250 a 600 kg de agua para formar un kg de materia seca; en un clima sub tropical, de 250 a 800 kg y para un clima tropical de 500 a 1000 kg (De Juan 1996), según varios investigadores, en Francia para producir un kg de materia seca de trigo, se necesitan 3 kg de agua de constitución, que representa el 75 % de su peso total, requiriendo 400 kgs de agua para el resto de la vegetación del cultivo, es decir, 133 veces mayor Poiree y Olliver (1977), sabido es que el agua constituye uno de los requisitos indispensables para la vida, que la síntesis de los procesos vitales se realiza con la participación directa del agua en sus diferentes manifestaciones lo que permite el intercambio entre los seres vivos y el medio que lo rodea.

Dentro de un sistema forestal, varios investigadores sostienen la controversia acerca de que si el bosque afecta de forma significativa a los escurrimientos producto de las lluvias dada su interferencia y desvío conocidos, se conoce que siempre el bosque influye en el escurrimiento reteniendo parte del agua de la lluvia e incluso en ocasiones lo puede disminuir en forma extrema, corroboración hecha por Dittredge (1948) utilizada por Kimmins (1996). El uso de pequeños embalses para medir la influencia del bosque en los escurrimientos para cuencas limitadas, resulta un buen método para obtener los datos necesarios para definir estas cuestiones, esto se utiliza desde 1910 en la estación de control W.W.G de Colorado USA, aprovechada por Cameron (1928) que le adicionó elementos mecánicos de medición y con iguales fines y propósitos Bosch y Hewlett (1982), Trimble y Weirich (1987), Hibbert (1971), Likens et al (1977), Escarré et al. (1994) y otros, en nuestro caso aplicaremos la ecuación de balance en obras de mayor amplitud para validar su posible uso futuro.

Un papel importante de la cobertura vegetal de una zona, es el mantenimiento de las condiciones de humedad en el ambiente, por lo que las aguas interceptadas, vienen a realizar esta función, como se sabe en detrimento de los escurrimientos momentáneos, es por ello que en las zonas despobladas, lluvias de igual intensidad y duración, pueden presentar un escurrimiento mucho mayor. Numerosos investigadores como Lewis (1968), Burch (1987), Hudson (1988), Piñol (1990), Avila y Rodrigo (1996), han proporcionado datos de gran interés sobre este aspecto, llegando a cuantificar de entre un 8 % de las precipitaciones como pérdidas en lugares casi despoblados y a más del 85 % en las áreas de mayor influencia boscosa, todo esto corrobora la necesidad de cuantificar esta incidencia para poder llegar a conclusiones adecuadas en la valoración del uso del recurso agua en cada zona.

En este capítulo, se establecen algunos criterios acerca de la relación Suelo - Clima - Cultivo y la participación del hombre con las actividades requeridas para lograr poner de relieve la importancia del consumo de agua por la vegetación natural y los cultivos, lo que rara vez se tiene en cuenta en la evaluación para la realización del ordenamiento integral de un área o zona determinada, sobre esta relación, la manifestación integrada de los factores climáticos se refleja en el poder evaporante de la zona de estudio, es decir, la condición que impone el alcance de la evaporación (Ev) anual y su relación con la precipitación anual ocurrida, en el aspecto físico biológico, esta manifestación se observa en el valor de la evapotranspiración (Evt) que se sucede desde el dosel vegetal que ocupa el territorio estudiado, ya que es capaz de relacionar la actividad biológica del cultivo y la acción de la Ev zonal mediante la expresión  $Evt = Ev * kb$ , siendo kb el coeficiente biológico del cultivo para una fase determinada de su ciclo, por eso se han establecido diferenciaciones entre las formas de utilizar este parámetro, así Turc (1954), Budyko (1974), Hsuen-Chun (1988), Piñol (1991), Mayor et al (1994), han expresado en diferentes ecuaciones las determinaciones necesarias de estos valores en correspondencia con las condiciones de los lugares que se analizan, esto se tendrá en este estudio a partir de la aplicación del algoritmo de trabajo indicado por Escarré (1996) y que se adecua a las condiciones de la zona pizarrosa del territorio de la cuenca en estudio.

El seguimiento a estos aspectos valorativos del balance hídrico de una zona, teniendo en cuenta sus particularidades de suelo, clima y vegetación, requiere de una infraestructura técnicamente concebida para la toma de datos y la posible sistematización de las observaciones a fin de determinar la expresión matemática que relacione los aportes de las precipitaciones con los consumos y el escurrimiento real que se sucede en el cauce, para esto, aplicando la técnica de seguimiento de pequeñas cuencas aforadas permite buenas estimas sobre el consumo de agua por la capa vegetal, sobre todo cuando el sustrato es impermeable.

Para condiciones de áreas mayores, se hace una propuesta metodológica de utilizar como estructura compensante (Recepción menos entregas) a los embalses de cabecera que se ubican en las zonas boscosas, de sustratos impermeables y que sean controladas sistemáticamente en su explotación, con esto se logra la determinación de la ETR de la vegetación que rodea a la presa con mayor acercamiento al consumo real del dosel vegetal que rodea al embalse y puede porcentualizarse la interceptación de la lluvia por la estructura vegetal del lugar, con estos datos, se podrá considerar en el balance hídrico zonal y el caudal de agua para satisfacer las necesidades para mantener los ecosistemas existentes a lo largo de la red conductora de la cuenca. Estos estudios se realizan en la cuenca de la presa El Mulo, dadas sus características geológicas y geográficas que la hacen idónea para aplicar la metodología propuesta en su carácter de embalse de cabecera sobre sustrato casi impermeable.

## 5.2 MATERIALES Y MÉTODOS.

La información sobre las precipitaciones registradas en los pluviómetros del área de estudio fue facilitada por la sección de hidrología y estudios sistemáticos del INRH, a los que se le aplicaron las determinaciones de los valores estadísticos considerados en este trabajo (media, Cv. Cs, promedios de cada mes y anuales).

Los cálculos iniciales para determinar el escurrimiento medio anual se realizaron siguiendo el método de Batista (1982), los que sirvieron de referencia para la aplicación del método de análisis para la determinación de las ecuaciones **y en x** y de **x en y** en correspondencia con la correlación que presenta la escorrentía con las precipitaciones por ese método, presentando una nueva expresión para el cálculo del avenamiento para cuencas de sustratos impermeables que permite validar los métodos actuales de cálculo del escurrimiento en los cauces con regulación anual.

La influencia de la superficie líquida del embalse en la evaporación de la zona como componente de los egresos hídricos en la ecuación de balance, se determina a partir de la relación de evaporación media diaria del lugar y la superficie que presente el embalse en el mes que se analiza, de esta forma la relación de Avenamiento más Evapotranspiración = Precipitación, se hace más real al introducir el valor de la evaporación desde el embalse, lo que permite una mayor certeza sobre el consumo por las plantas del territorio que se estudia.

Como resultado de los análisis realizados, en este capítulo se propone la expresión matemática para el cálculo de la ETR (Evt) mensual y anual para las condiciones similares a las de la zona que se estudia.

En el estudio puntual de la economía hídrica de la vegetación de San Ubaldo se ha utilizado la técnica del TDR (Time Domain Reflectometry) modelo Tektronix 1502C, para estimar la humedad del suelo, la bomba de Schölander (se usa una bomba de presión hidráulica Soilmoisture 3005) para la medida de los potenciales hídricos al alba y al mediodía y un irgaporómetro ADC (modelo LCA-2 abierto diferencial) para calcular las tasas de transpiración y de asimilación de algunas de las especies de esa comunidad vegetal. La Eficiencia en el Uso del Agua (Water Use Efficiency, abreviado WUE) se ha calculado como el cociente entre la tasa de asimilación en micromoles de  $\text{CO}_2/\text{m}^2.\text{s}$  y la de transpiración en milimoles  $\text{H}_2\text{O}/\text{m}^2.\text{s}$  que es una medida frecuente en la literatura ecofisiológica (Mulkey et al.1996). Para la medida de los flujos transpiratorios se usó también un sistema de la casa Dynamax con una configuración que permite el control simultáneo de ocho

sensores, que se disponen en sendas ramillas de un diámetro aproximado de 0.5 cm. La radiación fotosintéticamente activa (PAR) se midió con un Ceptómetro con sonda modelo SF-40.

### 5.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

#### 5.3.1 ETR del Bosque: Cálculo a partir del embalse El Mulo.

Disponiendo de una microcuenca aforada con substrato impermeable, es posible considerar que las relaciones entre la precipitación  $P$  y el escurrimiento o avenamiento del río, sumado a la evapotranspiración y otras pérdidas, se manifieste como la expresión de balance siguiente:

$P = ETR + Ac + dS$  expresada en mm, donde:

$P$  es la precipitación en el período,  $ETR$  la evapotranspiración real (que incluye lógicamente la interceptación de agua por el bosque) y  $Ac$  el avenamiento de la cuenca estimado con las medidas de los caudales en la estación de aforo. En esta ecuación  $dS$  representa la diferencia de agua retenida en el suelo entre el principio y el final del período, y lo ideal es que se pueda considerar próxima a cero ya que una buena estima real es complicada.

En clima mediterráneo el año hidrológico suele empezar en septiembre - octubre, con las lluvias otoñales y el final del verano, tras la sequía, es un buen momento de referencia porque la reserva del suelo está en sus mínimos. Sin embargo, en clima tropical no sería bueno elegir períodos que fuesen desde el final de la época de lluvia hasta el final de la seca, sobre todo en las regiones de lluvias en casi todos los meses del año, como en Cuba, no obstante considerando períodos controlados de entre 4 y 9 meses, se puede suponer que el  $dS = 0$ , ya que la dinámica de la humedad permite esta apreciación.

Considerando a las cuencas que poseen embalses contruídos en las zonas de cabeceras, controladas en su movimiento de las aguas embalsadas y con puntos de control pluviométrico en el área tributaria, se tendrán dos sistemas formados por la parte de la cuenca que vierte hacia la presa y por el embalse como receptor interconectados por el avenamiento o escurrimiento de la cuenca como elemento común.

Por una parte se tiene la expresión ya citada:  $P = ETR + Ac + dS$  en la que el volumen de agua producido por la precipitación  $P$  debe calcularse según la extensión de la cuenca siendo  $Ac$  el escurrimiento desde la cuenca al embalse, considerando cero el valor de  $dS$ .

Analizando el sistema del embalse, en él hay dos entradas:  $P_v$ , que se corresponde con la precipitación directa sobre el vaso y  $Ac$ , que es el escurrimiento desde la cuenca; contando con dos salidas:  $E$ , las entregas a usuarios de la obra, medidas y registradas sistemáticamente y la evaporación del vaso  $E_v$ , que depende del área que ocupe la lámina de agua que posea el vaso para un tiempo determinado.

Para un determinado período se supone que:  **$Ac + Pv = Ev + E$** , es decir, se tendrá:

Entradas = Salidas, lo cual es cierto si se supone que el nivel del agua en el embalse es idéntico al principio y al final del período considerado. Si no es así, que no lo es normalmente habrá que introducir un término Sumatorio ( $Wf - Wi$ ) (volumen final menos volumen inicial) que puede colocarse en cualquier parte de la igualdad debido a que puede ser positivo o negativo el valor resultante. Si esto es así:

$$Ac + Pv = Ev + E + \text{Sumatorio } (Wf - Wi); \text{ por consiguiente}$$

$$Ac = Ev + E + \text{Sumatorio } (Wf - Wi) - Pv$$

Dada la posibilidad de medir  $Ev$  con cierta facilidad, el sistemático control sobre las entregas  $E$ , las diferencias de nivel registradas y expresadas como volúmenes y el control del registro de  $Pv$ , permiten la estimación de  $Ac$ , parámetro mucho más difícil de medir directamente cuando no existe un cierre para aforar.

Esta aplicación es realizable en los cierres de cabecera que se ubican en áreas de pizarra o de roca impermeable y elegir los períodos de nivel ascendente o descendente dentro de los niveles máximos (sin vertimientos) y el nivel mínimo utilizable del embalse, tal es el caso del embalse El Mulo, en la zona sur del municipio Minas. Las condiciones de esta obra responden a estos objetivos y los datos necesarios se poseen, por lo que se seleccionaron los períodos a estudiar del registro de explotación del embalse, determinando el alcance de la demanda evaporante de la zona para las condiciones de superficie líquida en contacto con los factores que influyen en esta forma de pérdida del agua. Los períodos se relacionan a continuación:

P1 Febrero a Mayo de 1995 (4 meses).

P2 Diciembre de 1995 a Mayo de 1996 (6 meses).

P3 Diciembre de 1996 a Junio de 1997 (7 meses).

P4 Diciembre de 1997 a Agosto de 1998 (9 meses).

P5 Noviembre de 1998 a Abril de 1999 (6 meses).

P6 Mayo a Agosto de 1999 (4 meses)

- De los datos que brinda el Mapa de Isolíneas de precipitación media anual, se referirá al punto No.142 el que se ubica en el lugar que le da nombre al embalse, que se analizará su comportamiento anual en 10 años, tomando de la serie los valores del año medio para aplicar los cálculos correspondientes.
- Se establecerá el gráfico de su distribución mensual, tomando el comportamiento que se establece a partir del análisis de la serie y en correspondencia con el Mapa Climático elaborado para el municipio Minas, sobre



ellos se trabajará aplicando la expresión matemática producto del análisis de la correlación ínter factores vs precipitación, es decir, Evt vs P; Esc vs P y Op vs P.

- A partir del resultado anterior, se comparará el escurrimiento que se produciría para las condiciones del lugar. El cálculo del escurrimiento (Avenamiento) de un río estudiado no ofrece dificultad alguna, pero, en el caso de ríos pequeños o poco estudiados, categoría a la que pertenecen los de esta cuenca, la metodología utilizada por los organismos proyectistas (Recursos hidráulicos, Minagri y Minaz), se aplicará en estos casos; conociendo el área de la cuenca ( $A=\text{km}^2$ ); Altura media de la cuenca ( $H_m=\text{mts}$ ) y la lámina de escurrimiento medio anual ( $P=\text{mm}$ ). Batista (1982), estableció la siguiente ecuación para la región occidental del país:

$$U_0 = [0.731 U_1 f(P) + 0.231 U_2 f(H_m)] \text{ donde:}$$

$U_0$  = Indicativo para el escurrimiento del río hasta el punto de estudio. = mm

$U_1$  y  $U_2$  = coeficientes de normalización tabulados en anexos del texto La Micropresa, Iproyaz, 1984.

Referidos como función de (P) o de ( $H_m$ ) = valores específicos que integran la formulación.

En este caso, se exponen los valores de precipitación media anual (P); el área de la subcuenca tributaria ( $\text{Km}^2$ ) y la altura media de la subcuenca con relación a la cota sobre el nivel medio del mar en metros (snmm); así se tiene, para la presa en estudio lo siguiente:

Ubicación del cierre  $N= 292.6$   $E= 206.0$

Área de la subcuenca =  $10.12 \text{ Km}^2$

Precipitación media anual = 1722 mm (para muchos años en la serie)

Evaporación media anual = 1840 mm

Altura media de la subcuenca = 175 m (snmm)

$$U_1 = f(P) = 0.71 \quad U_2 = f(H_m) = 0.22$$

$$\text{Aplicando } U_0 = [0.731 U_1 f(P) + 0.231 U_2 f(H_m)]:$$

$U_0 = [0.731(0.71) + 0.231(0.22)] = (0.519 + 0.05) = 0.569$ ; con este valor se localiza el alcance de la lámina de escurrimiento (Y) en el anexo de Ríos permanentes, señalando para este valor  $Y = 780 \text{ mm}$  de escurrimiento medio anual. Con este valor se determinan el módulo de escurrimiento y el coeficiente de variación del escurrimiento mediante:

$$M_o = Y/31.53 = \text{l/s/km}^2; \text{ y } C_v = 0.573 - 0.00609(M_o).$$

$$M_o = 780/31.53 = 24.74 \text{ l/s/km}^2 \text{ con un } C_v = 0.573 - 0.00609(24.74) = 0.573 - 0.151 = 0.422$$

Estas fórmulas empíricas, están avaladas por diferentes investigadores y profesionales del sector, que plantean que para los casos en que los ríos que no cuentan con un historial de series largas de estudios (50 o más años) y para los procesos de ordenamiento en su etapa de planificación puede utilizarse el método, para establecer un rango de escurrimiento para diferentes probabilidades en las que se enmarque el volumen del escurrimiento para

el período que se analiza, se puede utilizar la tabla de módulos de Foster Ribkin y tomar el valor del  $K_{\%p}$  que se necesite.

Al realizarse el proyecto ejecutivo de esta obra, se precisaron los parámetros hidrológicos que definen su condición actual así como los destinos a que está dedicada.

Parámetros constructivos:

Cota de la corona del dique ----- 143.50 m      Cota del N.A.N. ----- 140.60 m  
 Altura máxima de la cortina ----- 27.0 mts      Cota del N.A.M.----- 142.40 m  
 Longitud de la cortina ----- 578.00 m      Cota del N.V.M.----- 125.00 m  
 Volumen de embalse =  $6.52 \times 10^6 \text{ m}^3$   
 Volumen de retención en N.A.M. =  $1.99 \times 10^6 \text{ m}^3$   
 Volumen en el Nivel de Volumen Muerto (N.V.M.) =  $0.213 \times 10^6 \text{ m}^3$   
 Gasto máximo de avenida al 1% de probabilidad 233  $\text{m}^3/\text{seg}$ .

El aliviadero se diseña para una regulación total de la avenida al 1% fijando un tirante de 1.80 mts por encima del NAM, por lo que el aliviadero no está en función de los gastos sino en evacuar el volumen retenido en un tiempo dado e igual al del transcurso de la avenida, esto se realiza utilizando la formulación de Kocherin:

$$Q_{\text{transfor.}} = Q_{\text{ave}} * (1 - (W_{\text{retención}}/W_{\text{ave}})) \text{ m}^3/\text{seg},$$

Para mayor seguridad de la obra, el  $Q_{\text{transfor}}$ , fue calculado para el valor de 0.5 % de probabilidad, y se obtuvo el  $Q$  de vertimiento = 37.41  $\text{m}^3/\text{seg}$ , además, se consideró la construcción de un fusible en tierra en la cota 142.20 con 30 metros de ancho para asimilar eventos no considerados en el vertimiento.

Los parámetros señalados se pueden ver en los planos de planta y de ubicación, de escala 1:10 000 y 1:50 000, respectivamente, lo que permite una visión más detallada sobre las posibilidades de uso de este tipo de embalse para la consecución del objetivo trazado para determinar la ETR del área que se encuentra alrededor del embalse y sus condiciones constructivas sirven de base para sus cálculos además de proporcionar los datos sobre el escurrimiento y la evaporación a recibirse.

El comportamiento de la lluvia en la zona del embalse, registrada en el pluviómetro No. 142 El Mulo, para los 11 últimos años (1990 - 2000) es el siguiente:

Año	mm/año	Año	mm/año
1990	1289.6	1996	1164.5
1991	1713.6	1997	1732.7
1992	1840.6	1998	1863.5
1993	1394.7	1999	1609.4
1994	2439.2	2000	1623.0
1995	2895.8	<b>media anual</b>	<b>1778.8</b>

El valor medio de las precipitaciones para el período (1990 - 2000) es de 1778.8 mm, lo que produce una lámina de escurrimiento medio anual de 834 mm, ahora bien el comportamiento de las precipitaciones tiene como resultado que 4 años han sido de mayor pluviometría mientras que 7 no han llegado a la cifra media calculada, esto indica que la regulación anual de la presa es correcta, toda vez que su volumen de embalse queda cubierto en todo el período analizado. En cuando al escurrimiento de la cuenca, se calculó para cada año y mes, utilizando la expresión de correlación presentada en este trabajo, comparándose con el método de Batista, su comportamiento se puede observar en tablas que se dan a continuación. Las estimas hechas con la expresión de Batista siempre son menores que las calculadas por la metodología que se propone en este trabajo: Si se realiza una regresión lineal entre las parejas de valores calculadas por ambos métodos se obtiene la siguiente expresión:

**Ac (nuevo método) = Ac (Batista) x 0.7 + 525.5** número de años igual a once (1990-2000) y por consiguiente 9 grados de libertad por lo que el  $r = 0.940$  es significativo con  $p < 0.001$ .

Esa infraestima que proporciona el método de Batista se debe a que sus cálculos están hechos en tramos de río que incluyen áreas cársicas. Este hecho es sin embargo muy relevante ya que con la metodología utilizada hasta ahora se subestiman claramente las escorrentías y a su vez se sobrestima la ETR por lo que los cálculos empíricos llevaban a evaluar menos recursos hídricos de los existentes. La comparación de los caudales calculados conjuntamente con ambos métodos, teniendo en cuenta las características geológicas de las diferentes subcuencas, por métodos distintos según fuese o no impermeables, con los datos reales de caudales en dos estaciones de aforo sirve para validar la precisión del cálculo de las escorrentías según el método propuesto y con ello obtener unas estimas más precisas de la ETR que las obtenidas utilizando la ecuación de Batista. En la tabla siguiente se ofrecen los datos de P reales, y los de Ac y ETR expresados en mm/año calculados por los dos métodos:

<b>Año</b>	<b>Precipitación</b>	<b>Ac(Batista)</b>	<b>Ac(propuesto)</b>	<b>ETR(Batista)</b>	<b>ETR(propuesto)</b>
1990	1289.6	316	752	973.6	537.6
1991	1713.6	790	1002	926.6	711.6
1992	1840.6	876	1077	964.6	763.6
1993	1394.7	378	814	1016.7	580.7
1994	2439.2	1377	1430	1062.2	1009.2
1995	2895.8	1377	1700	1518.8	1195.8
1996	1164.5	279	863	885.5	301.5
1997	1732.7	810	1014	922.7	718.7
1998	1863.5	893	1091	970.5	772.5
1999	1609.4	639	941	970.4	668.4
2000	1623	639	949	984	674
<b>Media</b>	<b>1778.8</b>	<b>834</b>	<b>1060</b>	<b>944.8</b>	<b>718.8</b>

El valor medio alcanzado de 718.8 mm de evapotranspiración anual, representa el 40.4% del valor medio anual, lo que puede compararse con otras informaciones que permiten establecer conclusiones al respecto; en la estación de Janlapa, Java, Calder et al. (1986), determinaron para esa zona de 2755 mm de lluvia anual una evapotranspiración de 949 mm para un 34%. Edwards y Blackie (1981) determinaron para North Oropouche en la isla de Trinidad, una evapotranspiración de 1211 mm para una lluvia anual de 2425 mm, alcanzando un 39%

en su relación. En Melinau en Sarawak, Malasia, Salati(1987) informa 1743 mm de evapotranspiración para lluvias de 5200 mm lo que representa un 33% de este valor; según Richards(1996), menciona resultados en Guma, Sierra Leona de 1146 mm de evapotranspiración para el 20 % de 5795 mm de lluvia anual; toda esta información permite asegurar que el valor alcanzado en este estudio puede considerarse dentro del rango de comportamiento en que se desarrolla ésta para las condiciones en las que se determinan.

La aplicación del método de Batista muestra la tendencia de sobrestima de la Evt y la disminución en el alcance del escurrimiento, por lo que se tendrá que para la cuenca en estudio los valores del escurrimiento anual se determinan partiendo de:

La altura media de la cuenca es de 200.0 m (snmm) lo que establece un coef.  $U_2 = 0.48$ ; el valor de  $U_1$  está en función de las precipitaciones y se relaciona en la tabla, al aplicar  $U_o = (0.731U_1) + (0.231U_2)$  y con este valor, se determina el escurrimiento anual en mm.

Año	Precipitación	Coef. $U_1$	Aplicaciones	$U_o$	Escur. mm
1990	1289.6	- 1.49	$0.731(-1.49) + 0.231(0.48)$	- 0.98	316
1991	1713.6	0.67	$0.731(0.67) + 0.231(0.48)$	0.60	790
1992	1840.6	0.97	$0.731(0.97) + 0.231(0.48)$	0.82	876
1993	1394.7	- 1.04	$0.731(-1.04) + 0.231(0.48)$	-0.65	378
1994	2439.2	2.02	$0.731(2.02) + 0.231(0.48)$	1.58	1377
1995	2895.8	2.02	$0.731(2.02) + 0.231(0.48)$	1.58	1377
1996	1164.5	-1.78	$0.731(-1.78) + 0.231(0.48)$	-1.19	279
1997	1732.7	0.74	$0.731(0.74) + 0.231(0.48)$	0.65	810
1998	1863.5	1.02	$0.731(1.02) + 0.231(0.48)$	0.86	893
1999	1609.4	0.13	$0.731(0.13) + 0.231(0.48)$	0.21	639
2000	1623.0	0.14	$0.731(0.14) + 0.231(0.48)$	0.21	639
Medio	1778.8	0.84	$0.731(0.84) + 0.231(0.48)$	0.72	834

El concepto general de la Evt zonal indica la suma de la transpiración de las plantas y de la evaporación que se sucede desde la superficie del suelo o de una superficie líquida expuesta directamente, como se ha señalado antes, las condiciones evaluativas del área permiten establecer una diferenciación entre los componentes de la ETR y exponer los valores de cada uno por separado aunque interactuantes entre sí, para esto se toma como base la evaporación que ocurre para superficie libre de agua y que en la presa es variable, por tal razón se toma el valor de la evaporación para el valor medio del área ocupada por el líquido, esto establece que para casos similares, zonas boscosas con embalses integrados a la cuenca en estudio, adecuará la ecuación general de  $P = A + ETR + dS$ , en  $P = A_c + ETR + E_v + dS$ , parámetros que se obtienen con mayor facilidad aplicando la ecuación de correlación lineal obtenida del análisis del comportamiento de estos factores en la serie estudiada de la presa El Mulo, en donde se obtienen dos ecuaciones demostrativas de la relación de P en Evt o ETR y de P con Esc o  $A_c$ , las que se resumen en:

**$A_c$  o Esc =  $0.590P - 8.13$  con  $r = 0.993$ ; también, Evt o ETR =  $0.442P - 9.37$ , con  $r = 0.959$**

A continuación se muestra el cálculo para determinar el escurrimiento mensual y anual de cada año:

Aplicación de la ecuación de correlación Esc vs P a partir de la fórmula  $Esc = 0.590P - 8.13$

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Julio	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Año mm
90	6.6	34.6	9.7	108.8	215.5	142.4	122.8	190	337	49.7	16	56.5	1289.6
Aven	-4.24	12.3	-2.41	56.06	119	75.89	64.32	104	190.7	21.19	1.31	25.21	752.734
%	-64.2	35.5	-24.8	51.53	55.23	53.29	52.38	54.7	56.59	42.64	8.19	44.61	58.37
91	105.4	15.2	67.5	150.1	274.8	201.3	184.3	254	299.5	130.4	29.3	2.3	1713.6
Aven	54.06	0.84	31.7	80.43	154	110.6	100.6	141	168.6	68.81	9.16	-6.773	1002.894
%	51.29	5.51	47	53.58	56.04	54.96	54.59	55.8	56.29	52.77	31.3	-294.5	58.53
92	33	25.4	23.7	131.7	186.1	565.1	206.8	236	227.1	173.8	32	0	1840.6
Aven	11.34	6.86	5.85	69.57	101.7	325.3	113.9	131	125.9	94.41	10.8	-8.13	1077.824
%	34.36	27	24.7	52.83	54.63	57.56	55.07	55.6	55.42	54.32	33.6	0	58.56
93	202.5	65	34.5	41.8	100.9	220.4	207.5	98.1	70.8	306.3	26.5	20.4	1394.7
Aven	111.3	30.2	12.2	16.53	51.4	121.9	114.3	49.7	33.64	172.6	7.51	3.906	814.743
%	54.99	46.5	35.4	39.55	50.94	55.31	55.08	50.7	47.52	56.35	28.3	19.15	58.42
94	187.1	70.3	101	87.8	325.9	160.3	300.1	396	527	275.9	0	7.8	2439.2
Aven	102.3	33.3	51.3	43.67	184.2	86.45	168.9	226	302.8	154.7	-8.13	-3.528	1430.998
%	54.65	47.4	50.9	49.74	56.51	53.93	56.29	56.9	57.46	56.05	0	-45.23	58.67
95	333.3	84.8	99.2	85.6	91.9	524.8	321.5	261	572.8	387.4	35.5	98.4	2895.8
Aven	188.5	41.9	50.4	42.37	46.09	301.5	181.6	146	329.8	220.4	12.8	49.93	1700.392
%	56.56	49.4	50.8	49.5	50.15	57.45	56.47	55.9	57.58	56.9	36.1	50.74	58.72
96	118.5	60	42	57	36	365.1	308	75	83.5	305.4	18	9.5	1478
Aven	61.79	27.3	16.7	25.5	13.11	207.3	173.6	36.1	41.14	172.1	2.49	-2.525	863.89
%	52.14	45.5	39.6	44.74	36.42	56.77	56.36	48.2	49.26	56.34	13.8	-26.58	58.45
97	119.3	78	101	129	70	362	117.2	209	374.2	86	36	50.9	1732.7
Aven	62.26	37.9	51.5	67.98	33.17	205.5	61.02	115	212.6	42.61	13.1	21.9	1014.163
%	52.19	48.6	51	52.7	47.39	56.75	52.06	55.1	56.83	49.55	36.4	43.03	58.53
98	77.1	99.1	9	1	147	37	293	310	547.4	182	156	5	1863.6
Aven	37.36	50.3	-2.82	-7.54	78.6	13.7	164.7	175	314.8	99.25	83.9	-5.18	1091.394
%	48.46	50.8	-31.3	-754	53.47	37.03	56.23	56.4	57.51	54.53	53.8	-103.6	58.56
99	69	35	22	12	174	274.5	211	242	355.1	140.4	60	14	1609.4
Aven	32.58	12.5	4.85	-1.05	94.53	153.8	116.4	135	201.4	74.71	27.3	0.13	941.416
%	47.22	35.8	22	-8.75	54.33	56.04	55.15	55.6	56.71	53.21	45.5	0.929	58.49
2000	35	5	48	70	199.2	294.4	104.3	303	413.7	82.3	20	48.1	1623
Aven	12.52	-5.18	20.2	33.17	109.4	165.6	53.41	171	236	40.43	3.67	20.25	949.44
%	35.77	-104	42.1	47.39	54.92	56.24	51.21	56.3	57.03	49.12	18.4	42.1	58.50
Medio	117	52	51	80	166	286	216	234	346	193	39	28	1808
Aven	60.9	22.6	22	39.07	89.81	160.6	119.3	130	196	105.7	14.9	8.39	1058.59
%	52.05	43.4	43.1	48.84	54.1	56.16	55.24	55.5	56.65	54.79	38.2	29.96	58.55

Lo interesante de estas regresiones es que se trata de una situación intermedia entre la encontrada por Likens et al. (1977) en Hubbard Brook, con una ETR casi constante e independiente de P, situación lógicamente esperable en todas las áreas donde P supera la evapotranspiración potencial (ETP), y Ac se correlaciona fuertemente con P, y la detectada por Piñol et al. (1991, 1999) para el encinar, un prototipo de ecosistema mediterráneo, en que es ETR la que mejor se correlaciona con P, en áreas donde P está por debajo de la ETP, y puede llegar a no estar correlacionada con Ac. Pues bien, en este caso, en el que en el mismo análisis se han incluido períodos muy secos y muy lluviosos, tanto ETR como Ac presentan una excelente correlación con P, ya que se han incluido,

tanto períodos donde ETP ha sido mayor que P y otros en que ha ocurrido a la inversa. La aplicación de esta ecuación en otros territorios similares, permite conocer su precisión a partir de comparar los gastos calculados con los controlados en alguna estación hidrométrica como sucede en la siguiente valoración:

Extensión a cuencas controladas en estaciones hidrométricas Gasto medio:

Calculado vs Controlado

Sub-cuenca	Precip.mm	Escmm	l-s-km2	Qmed m <sup>3</sup> -s	Aven mm	Qesc m <sup>3</sup> -s	Estación	Qcontrol
Quemado	1750	767	24.32	0.863	1024.37	1.153	V Aniver sario.	
J Alonso	1725	780	24.74	0.465	1009.62	0.602		
Cab-El Mulo	1720	780	24.74	0.905	1006.67	1.168		
Coloradas	1600	663	21.03	0.099	935.87	0.140		
Sumidero	1540	600	19.03	0.255	900.47	0.383		
Caliente	1650	630	19.98	0.188	965.37	0.288		
				2.775		3.733		3.72
Arenales	1650	639	20.27	0.265	965.37	0.400	La Guira	
Canteras	1678	695	21.41	0.655	981.89	0.925		
Macagua	1680	650	20.62	0.945	983.07	1.429		
Jagualito	1444	308	9.77	0.127	843.83	0.348		
Francisco	1714	723	22.93	0.541	1003.13	0.751		
Ceja junco	1766	847	26.86	0.671	1033.81	0.819		
Valle l lazo	1763	828	26.26	0.197	1032.04	0.246		
Gramp.pica	2765	310	9.83	0.243	1623.22	1.272		
				3.644		6.190449		
				6.419		9.92344		6.63

Como se muestra en la tabla anterior, se comparan los datos de la suma de los gastos por cada una de las estaciones en las que se controla el escurrimiento del cauce principal, se observa que en la primera estación (V Aniversario), que por sus características se comporta como una subcuenca impermeable, los valores calculados comparados con los valores controlados permiten inferir una validación positiva en cuanto a la ecuación propuesta para estas características zonales. También es de notar que los gastos de circulación para un escurrimiento anual calculados utilizando la ecuación de Batista (1982), tienen validez para aquellas cuencas que presentan pérdidas en el recorrido del agua por el cauce, lo que nos permite asegurar la validez de este método para los casos en que las condiciones geológicas no están bien definidas en lo referido a las pérdidas por filtración que puedan poseer.

Una vez despejado el valor del avenamiento (escurrimiento) para las precipitaciones de un período (mes, año, etc.), se puede aplicar la ecuación de balance y obtener el valor de **ETR + EV**, y con los datos sobre evaporación de las zonas, se tendrán todos los demás parámetros de la ecuación:

$$P = A + ETR + EV + dS = mm$$

Para facilitar el desglose de los componentes de Evt, es necesario disponer de los valores de la evaporación media anual de la zona, o de los datos controlados en el lugar de estudio. En esta zona el comportamiento de esta variable climática se ubica entre 4.81 mm/día hasta 5.32 mm/día para una media de 5.07 mm/día, el área cubierta por el agua en la presa se manifiesta desde 6.0 has en la cota del NVM (nivel de volumen muerto) hasta 65.0 has en el NAN(nivel de aguas normales máximas sin vertimiento), para los cálculos se utilizará el valor real registrado para los periodos mensuales relacionando los valores de Wf-Wf, así en cada uno de los años de la serie en las que la presa ha funcionado en su volumen de explotación de diseño, desde 1994 hasta el 2000. El valor de la evaporación media anual en estas condiciones es de 212 mm, es decir, desde la superficie media total sin que ocurran vertimientos, de suceder que el embalse vierta, la evaporación no compromete los volúmenes de entrega planificados, por lo que es de considerar una disminución en los valores totales finales, ya que en estos casos las precipitaciones son superiores a la evaporación zonal, motivo por el cual no se puede establecer estas relaciones con carácter anual, sino a partir de períodos en los que la dinámica del agua en la presa no sobrepase los niveles de aliviadero por ser los vertimientos no controlables en su totalidad.

Para mostrar los resultados en forma resumida de los análisis realizados, se muestra el siguiente gráfico:

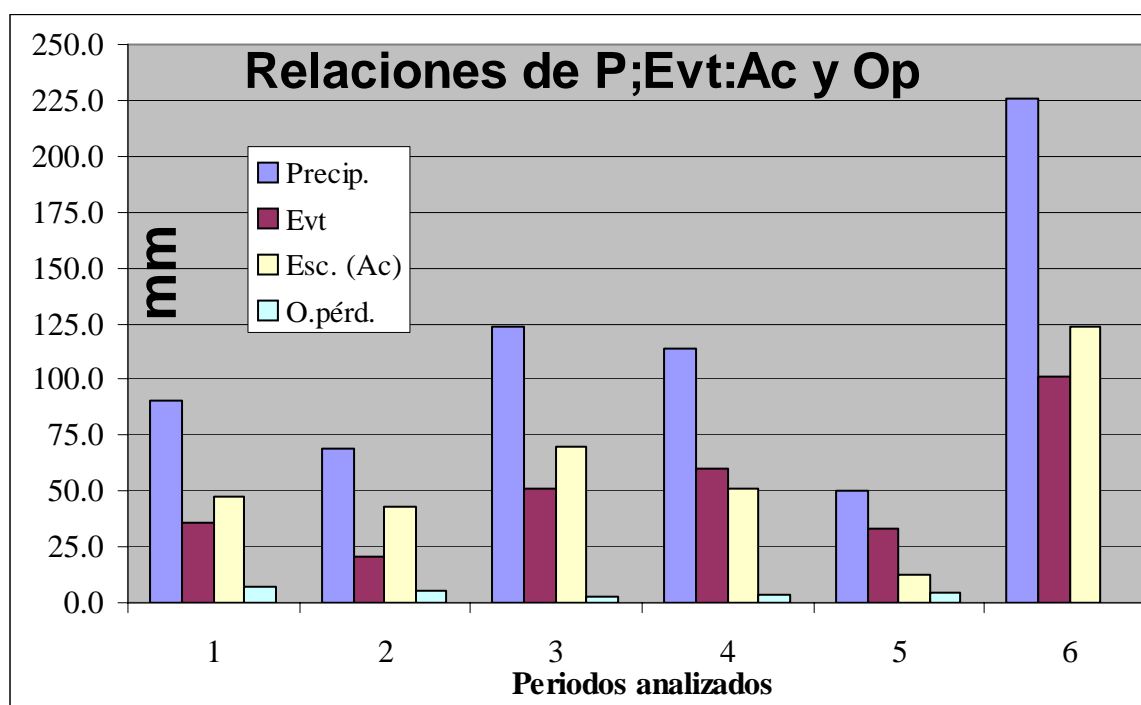
Las ecuaciones obtenidas del análisis de estos grupos de datos son las siguientes:

La ecuación de correlación lineal de y en x (Evt vs P) sería  **$Evt = 0.442P - 9.374$**

( $r = 0.959$  para  $p = 0.005$ )

La ecuación de correlación x en y sería  **$Esc = 0.590P - 8.127$**

(es muy precisa,  $r = 0.993$  para  $p = 0.005$ )



El suelo posee la característica físico - química de absorber el agua y retenerla entre sus moléculas e intersticios influyendo el grado de pendiente del lugar y de los parámetros hidrofísicos del suelo, conociendo que las pizarras en las condiciones de pendiente de la zona, absorben muy poca agua, consideraremos que el valor dS es igual a cero.

Como la evaporación es un fenómeno de ocurrencia directa acorde con el potencial evaporante que presente la zona, la afectación se vincula directamente con la superficie ocupada por el espejo de agua del embalse, por tanto, el valor de la evaporación, para un área media mensual de 45 ha, sería de 5.8 mm/día, y su valoración se relacionaría con la Evt que se determine y se podrá conocer la incidencia de este factor en el balance hídrico de la zona en estudios. Con esto la aplicación de  $E_v * K_b = ETR$ , permitirá la comprobación de los coeficientes biológicos ( $K_b$ ) del bosque en cada estadio de su ciclo y que queda abierto para nuevas investigaciones en este campo. Para este caso, al considerar el valor porcentual de superficie activa ocupada por el agua y la del bosque como una relación directa, queda demostrada la hipótesis considerada como sistemas de entradas = salidas en un complejo hidrológico con las características enunciadas que admite su ampliación para condiciones similares en otros sitios.

Lee (1980), analizando una serie de 15 años, mediante controles en pequeños embalses y para las condiciones de precipitaciones entre 1097 y 1725 mm anuales, sin considerar el suelo, establece una ecuación de igual naturaleza a la anterior que se expresa por  $Q = 0.833P - 602$ . Siendo Q el escurrimiento y P la precipitación que se analiza. Evidentemente los efectos de las prácticas de administración de las plantaciones influyen directamente en los valores que alcanza el escurrimiento, Piñol et al. (1995), establecen ecuaciones similares en mediciones realizadas en pequeñas áreas controladas, en las que correlacionan ETR vs P y A vs P, lo que permite admitir el método utilizado.

### **5.3.2. La economía hídrica en la vegetación de la sabana de San Ubaldo.**

Las características fundamentales de la zona de estudio se refieren al tipo de suelo predominante en el área, que por su textura clasifica como arenas silíceas, de colores claros casi blanco, poca fertilidad y un elevado endemismo vegetal lo que le confiere un marcado interés científico e investigativo. Relieve llano, sabanas amplias con humedales y ciénagas que alternan con áreas de cultivos de granos y hortalizas con plantaciones forestales y algunas manifestaciones naturales de especie como el pino, el encino, palmas barrigonas y guanos prieto y blanco y otras especies que crecen de forma silvestre y con predominios locales lo que le confiere un cierto atractivo paisajista. El área de San Ubaldo es una de las protegidas que existen en la cuenca en estudio, ubicándose en la zona baja del curso inferior del río Cuyaguateje a unos 10 – 12 km de la costa sur donde desemboca este río.

El 28 de noviembre de 1998, al final de la época de lluvias, se realizó una campaña de campo para hacer un estudio preliminar de algunas de las características del medio y de las especies del ecosistema de arenas blancas en la localidad de San Ubaldo. El estudio se inicio sobre las 6.00 hora solar y se extendió hasta las 17.00 horas del mismo día. Se hizo un seguimiento de las variaciones diarias de:

- 1) la humedad del suelo
- 2) el potencial hídrico al alba y al mediodía



- 3) la Radiación Fotosintéticamente Activa (PAR)
- 4) las tasas de transpiración y asimilación de varias especies

También se recolectaron hojas de algunas de las especies presentes que fueron analizadas con posterioridad para conocer su concentración en los principales nutrientes.

### 5.3.3 Producción primaria y nutrientes en la sabana de San Ubaldo.

Esta zona se ubica en el territorio que drena hacia el curso inferior del río Cuyaguaje, con el manto freático a poca profundidad y con zonas de humedales y lagunas que tienden a formar ciénagas de poca estabilidad mecánica en cuanto al paso por encima de estas zonas.

El análisis sobre los componentes de este suelo así como las pruebas hidrofísicas se realizaron en lugares elevados en el territorio a fin de contrarrestar la acción capilar del agua freática, en terrenos no cultivados que presentaban una cobertura vegetal de gramíneas, rala y de poca altura.

En esta zona se determinó el % de humedad presente utilizando el equipo denominado TDR (Time Domain Reflectometry) utilizando sondas calibradas, para el cálculo de la humedad presente se utiliza, para las arenas, la expresión siguiente:  $-9.0578 + 2,3682K - 0,0155K^2 - 0,0006K^3$  donde:

$K = (\text{long TDR} / \text{long real de sonda})$

$\text{Long TDR} = D_f(\text{tdr}) - D * 100$  y  $\text{Long real de sonda} = D_f - D * 100$ ; siendo  $D_f$  y  $D$  datos del equipo

Se realizaron tres mediciones utilizando seis sondas que se ubicaron en el territorio escogido y se obtuvo el siguiente resultado.

Datos de las sondas utilizadas:

Número de la sonda	D	Df	Longitud real
925	4.400	4.540	14
874	3.320	3.440	13
871	3.300	3.440	14
872	3.280	3.420	14
875	3.260	3.340	14
873	3.240	3.380	14

Mediciones realizadas:

Prueba a las 09.00 hrs				Prueba a las 14.00 hrs				Prueba a las 17.00 hrs			
Df tdr	Long	K	%	Df tdr	Long	K	%	Df tdr	Long	K	%
4.670	27	1.929	4.56	4.640	24	1.714	5.05	4.660	26	1.857	4.71
3.550	23	1.917	4.58	3.560	24	2.000	4.38	3.560	24	2.000	4.38
3.570	27	1.929	4.56	3.580	28	2.000	4.38	3.560	26	1.857	4.71
3.550	27	1.929	4.56	3.560	28	2.000	4.38	3.540	26	1.857	4.71
3.530	27	1.929	4.56	3.560	30	2.143	4.69	3.560	30	2.143	4.69
3.530	29	2.071	4.23	3.520	28	2.000	4.38	3.480	24	1.714	5.05

Como se observa, el resultado de la humedad en el suelo no presenta diferencias significativas en cuanto a posición en el terreno, es de notar el aumento porcentual de la humedad durante el desarrollo de las mediciones en el tiempo, lo que puede estar provocado por la influencia de los humedales y lagunas que se ubican en posiciones cercanas a los puntos muestreados y que al aumentar la evapotranspiración en la zona debido al aumento de la temperatura y la incidencia solar, se produzca un flujo más intenso dirigido hacia el área producto de la pendiente que predomina hacia el lugar.

Sobre la caracterización del suelo de la zona, se presentan los datos siguientes:

Datos sobre suelo Arenoso Cuarcítico típico- (Arenas Blancas)								
Profundidad en cm.	PH		Acidez		Granulometría en %			
	Kcl	H2O	Y1	Y2	Arcilla	Limo	Arena fina	Arena gruesa
0 - 20	6	7.2	0.3	0	0.55	2.4	88.22	9.63
20 - 50	5.9	7.1	0.2	0	1.63	3.35	81.03	16
50 - 80	5.8	6.6	0.2	0	2.54	1.84	68.9	15.42
80 - 130	5	6.3	0.2	0.05	0.49	14.64	67.59	16.28
130 - 160	4.9	5.7	0.2	0	0.49	1.8	80.88	16.85

Profundidad en cm.	Cantidad cambiante en meq/100 gr				Valores alcanzados en			
	Ca	Mg	K	Na	S	T	T-S	V%
0 - 20	1.96	0.26	0.02	0.16	2.34	2.59	0.15	90.34
20 - 50	t	t	t	0.1	0.1	t	t	
50 - 80	t	0.74	t	0.2	0.94	t	t	
80 - 130	t	1	t	0.1	0.1	t	t	
130 - 160	t	0.11	t	t	1.11	1.11	t	100

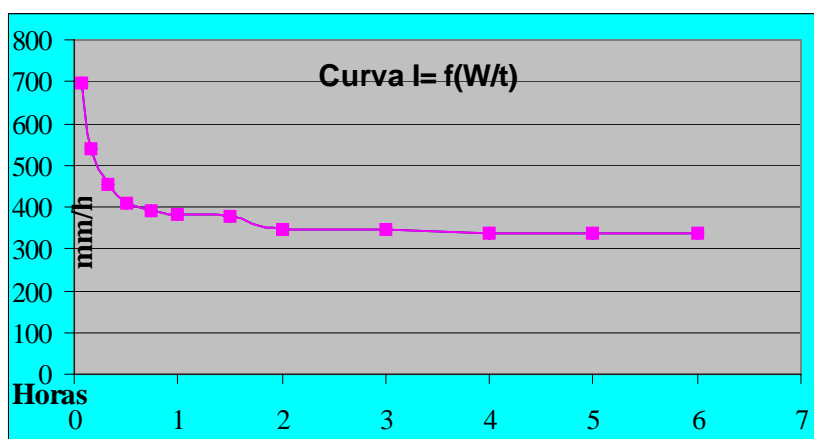
Profundidad en cm.	Capac.nutricional mg/100g				Valores alcanzados en			
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca Mg	%M.O	EC	LSP	LIP	Hy S.A
0 - 20	1.8	3.55	7.5	1.28	180	28.18		1
20 - 50	2	1.42		0.29	530	24		0.3
50 - 80					520	23.23		1
80 - 130					510	23		0.3
130 - 160					450	24.24		1

Parámetros hidrofísicos determinados en la muestra analizada:

Parámetros Determinados	Profundidad de prueba cm						
	0 -10	11-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60- 70
D.A g/cm3	1.42	1.44	1.46	1.43	1.44	1.48	---
D.R g/cm3	2.6	2.6	2.62	2.62	2.62	2.65	---
P.T % volum	45	45	44	45	45	44	---
C.C % bss	6.1	6.21	6.05	6.92	6.84	6.91	7.02
P.M % bss	3.96	3.99	3.9	4.02	4	4	4.02
H.N % bss	1.82	2.82	4.04	4.13	4.9	5.4	5.95
H.N % c.c	30	45	67	60	72	78	85

Datos sobre la curva de infiltración del suelo

Tiempo hrs.	I=mm/h
0.08	696
0.17	540
0.33	456
0.5	408
0.75	390
1	384
1.5	378
2	348
3	348
4	336
5	336
6	336



Las mediciones realizadas con equipos de alta tecnología, para conocer de las condiciones y características hídricas que presentan las especies seleccionadas, se ejecutaron siguiendo el plan de realización siguiente; el levantamiento se comenzó antes de la salida del sol para poder determinar el estado hídrico de las especies en estudios, de manera que, partiendo de la condición de mayor estabilidad, se pudiera determinar los posibles estados de estrés hídrico así como la etapa del día en que éste ocurre, de esta manera se tomaron muestras a cuatro especies a las 06.20 horas hasta las 06.50 y otro control a las 12.30 hrs, concluyendo a las 13.00 hrs, con los resultados siguientes:

Especie estudiada	Medida del Potencial Hídrico método Bomba de Scholander.(Mp)								
	Momento (06.20 – 06.50 hrs)				Momento (12.30 – 13.00 hrs)				Estado
Tabebuia lepidophylla	-0.399	-0.560	-0.546	-0.504	-1.435	-1.610	-1.820	-1.624	Normal
Pinus caribaea	-0.476	-0.770	-0.840	-0.693	-1.330	-1.400	-1.610	-1.449	Normal
Quercus oleoides	-0.910	-0.826	-0.910	-0.882	-1.855	-1.995	-2.520	-2.121	Normal
Eugenia punicifolia	-1.120	-0.980	-0.735	-0.945	-1.855	-2.310	-2.730	-2.296	Normal

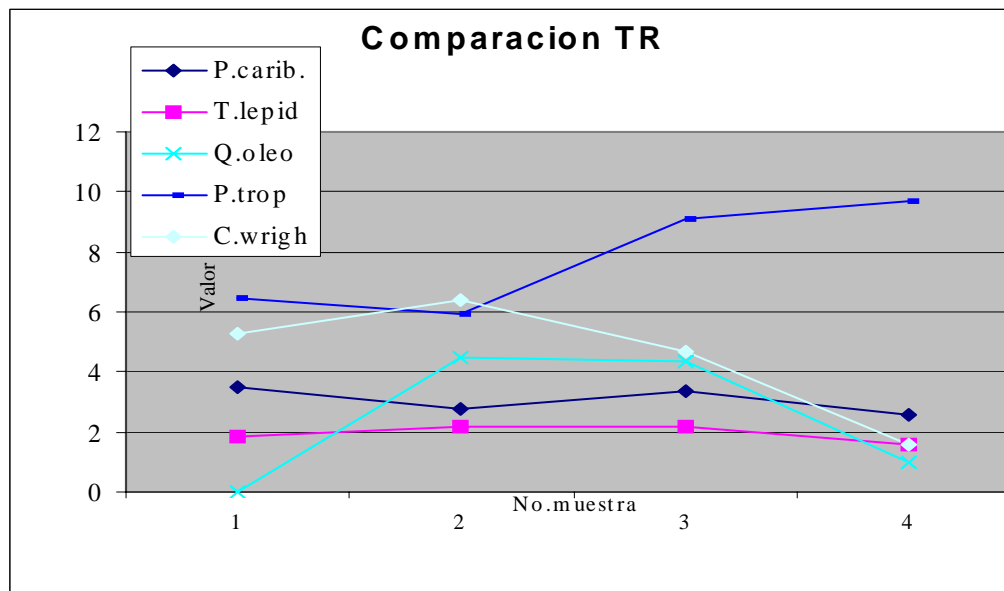
Nota: PSI = Pound/sq inch (libra por pulgada cuadrada) para convertirla en Mpascal = Atm, se aplica la convención siguiente  $0.007 \text{ PSI} = \text{Mpascal}$

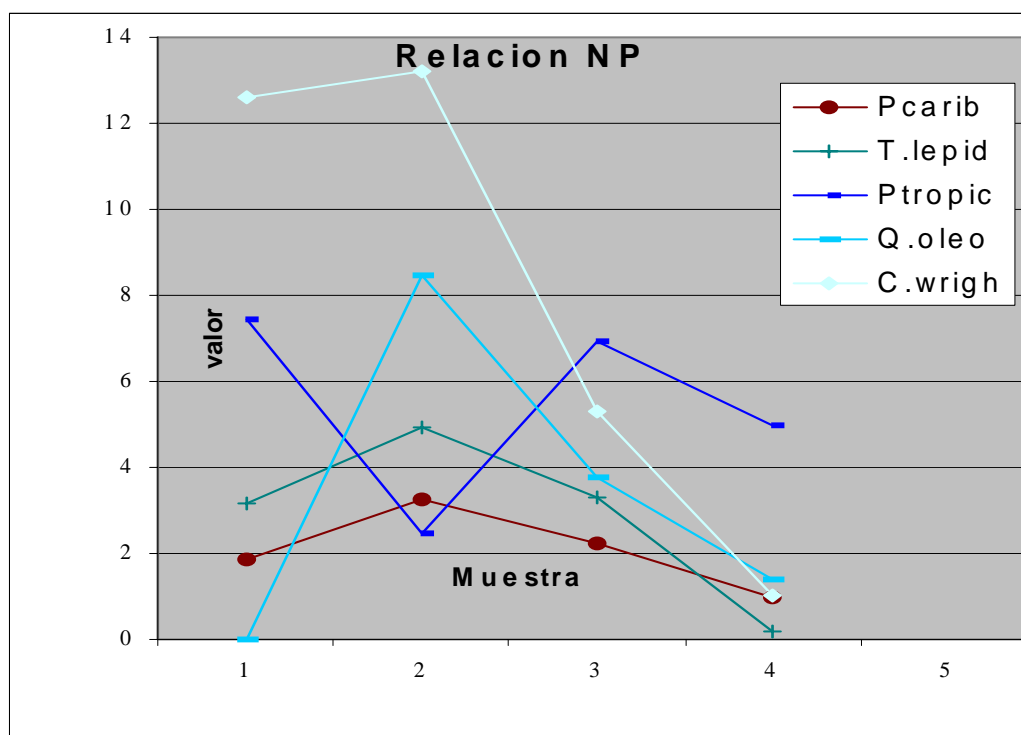
La valoración del estado de estrés hídrico de las plantas se hace directamente con los valores obtenidos (los muy negativos suelen indicar situaciones de mayor carencia de recursos hídricos que los menos negativos) y también por la diferencia entre las medidas al alba y al mediodía. Según Escarré et al. (1997) valores menores de 0.4 Mpa entre una y otra medida indican que existe una situación de estrés hídrico.

Tal como se esperaba al final de la época de las lluvias, en unos suelos arenosos pero con una capa freática presumiblemente alta, los valores de los potenciales indican que las especies controladas tenían una buena disponibilidad de recursos hídricos. Los datos pluviométricos de la estación más próxima, concretamente la No. 394, ubicada a unos 3 kms del lugar donde se realizaron las medidas indican que se produjeron precipitaciones, durante ese mes, de la siguiente cuantía: 12 mm el día 21-11, 19 mm el día 17-11 y 13 mm el día 9-11, lo que podría presumirse con la observación de los niveles que alcanza el agua en las lagunas y humedales que bordean el área

En las figuras que se muestran, se representan la evolución diaria de las tasas de transpiración y asimilación en cinco de las especies presentes en San Ubaldo: *Pinus caribaea*; *Pinus tropicalis*; *Quercus oleoides*; *Colpothrinax wrightii* y la *Tabebuia lepidophylla*. En las tasas de transpiración los mayores valores corresponden a la *C. Wrightii* y al *P. caribaea*, que superan, de media, el valor de  $7 \text{ mmol H}_2\text{O} / \text{m}^2 \cdot \text{s}$ . Con valores de poco más de 3 están el *P. Tropicalis* y el *Q. oleoides* y el menor corresponde a una especie de hojas tan coriáceas como es la *T. Lepidophylla*. Respecto al patrón de variación diario se destaca un ligero descenso al mediodía en el *P. caribaea*.

Hora muestra	<b>P.caribaea</b>		<b>T.lepidophylla</b>		<b>P.tropicalis</b>		<b>Q. Oleoides</b>		<b>C. Wrightii</b>	
	TR	NP	TR	NP	TR	NP	TR	NP	TR	NP
10.00	3.49	1.85	1.86	3.17	6.44	7.45	0	0	5.3	12.6
12.00	2.75	3.24	2.18	4.93	5.91	2.45	4.46	8.48	6.4	13.2
14.30	3.38	2.23	2.15	3.31	9.07	6.92	4.33	3.77	4.69	5.3
16.50	2.59	1	1.55	0.2	9.72	4.98	0.97	1.41	1.57	1.01





Los resultados obtenidos con el medidor de flujo de savia, pese a corresponder a plantas distintas a las que se les midió con el irgaporómetro, y a integrar la transpiración de una ramilla en las que las hojas pueden recibir diferentes niveles de PAR, son bastante similares a las tasas de transpiración que proporciona el ADC. Así por ejemplo, los dos pinos macho medidos dan valores medios de tasa de transpiración de 1.1 y 2.9 mmol H<sub>2</sub>O/m<sup>2</sup>.s, respectivamente. En el único pino hembra controlado el valor es más bajo que el encontrado con el ADC, algo menos de 3.0 mmol H<sub>2</sub>O/m<sup>2</sup>.s. Para el encino los valores medios diarios encontrados son de 4.3 y algo más de 9.0 mmol H<sub>2</sub>O/m<sup>2</sup>.s.

Un criterio aproximado para valorar la calidad de las medidas obtenidas de flujos de savia es la de comprobar si existe correlación entre la radiación PAR y los flujos de savia. Esto se comprobó, por ejemplo, para el sensor 4 que correspondía a un pino macho que dio un valor  $r = 0.84$  que para cinco grados de libertad es significativo con  $p < 0.02$ . Alguno de los pocos trabajos que comparan medidas de transpiración realizadas por estos dos métodos observa una cierta sobrestima por parte del ADC (Meinzer et al. 1993; Gutierrez et al. 1994), ambos citados en Mulkey et al. (1996). En la figura anterior aparece la evolución, en ese mismo día de las tasas de asimilación medidas con el irgaporómetro ADC. Destaca por encima de todo el comportamiento del pino hembra que presenta un clarísimo cierre estomático al mediodía, mucho más patente en la disminución de la toma de CO<sub>2</sub> que en el control de la transpiración. Tanto en una campaña realizada al cabo de unos días en Minas de Matahambre, como en otra llevada a cabo en abril del 2000, el patrón de cierre estomático del pino hembra se repite constantemente. Este tipo de procesos ha sido ya descrito en otras especies, sobre todo de clima mediterráneo

(Tenhunen et al. 1987), pero también se ha citado en sabanas de países tropicales similares a la de San Ubaldo (Lüttge 1997).

Por los valores medios de producción la palmera barrigona llega a superar los 10 micromol CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>.s, el roble, pino hembra y *Tabebuia* están entre 3 y 5.5, y el pino macho está un poco por debajo de 2.5. Con esto las especies quedan ordenadas, según su valor de WUE de la siguiente forma:

<i>Tabebuia lepidophylla</i>	1.83 +- 0.22
<i>Quercus oleoides</i>	1.40 +- 0.29
<i>Colpothrinax wrightii</i>	1.33 +- 0.43
<i>Pinus caribaea</i>	0.79 +- 0.19
<i>Pinus tropicalis</i>	0.77 +- 0.21

Destaca pues una clara mayor eficiencia en el uso del agua de las tres primeras especies, frente a los dos pinos, aunque está es una medida de un valor únicamente relativo y muy puntual que en la actualidad está siendo sustituida por el análisis isotópico basado en la discriminación del C13 que es un método que integra espacios de tiempo mucho mayores que los de las medidas instantáneas del ADC (Griffiths 1993),

#### **Análisis foliares.**

Los medios con suelos arenosos como el caso de San Ubaldo son, además de poco capaces de retener agua, oligotróficos, y más en este caso en que se trata de arenas silíceas muy puras. Para valorar la realidad de este hecho se recolectaron muestras foliares de las 22 especies que aparecen en la tabla:

#### **Análisis foliares de las especies de Arenas Blancas. Sabanas de San Ubaldo.**

Denominación de la especie analizada	Elementos nutricionales presentes en las muestras					
	C	H	N	P	K	Ca
01- <i>Ilex cassine</i>	50.5	6.9	0.93	0.10	0.30	0.87
02- <i>Acoelorrhaphe wrightii</i>	52.3	6.4	0.92	0.61	0.31	0.20
03- <i>Coccothrinax miraguana</i>	49.2	6.2	1.40	0.09	0.71	0.17
04- <i>Colprothrinax wrightii</i>	48.2	5.8	0.88	0.05	0.27	0.19
05- <i>Tabebuia lepidophylla</i>	45.9	5.9	0.80	0.13	0.29	0.97
06- <i>Harrisia eriophora</i>	33.0	4.9	1.31	0.06	1.74	4.69
07- <i>Opuntia dillenii</i>	37.7	5.3	0.49	0.06	0.67	3.55
08- <i>Selenicereus grandiflorus</i>	37.7	5.2	0.46	0.03	2.14	0.89
09- <i>Chrysobalanus icaco</i>	45.4	5.3	1.42	0.14	0.82	0.70
10- <i>Lyonia myrtilloides</i>	52.3	6.2	0.59	0.11	0.42	0.47
11- <i>Datropa angustifolia</i>	45.2	6.0	1.29	0.05	0.46	0.81
12- <i>Brya ebenus</i>	47.6	5.8	1.68	0.19	0.42	0.67
13- <i>Quercus oleoides</i>	47.8	5.7	1.40	0.08	0.29	0.68

14- <i>Hypericum nitidum</i>	47.5	5.7	0.96	0.05	0.36	0.89
15- <i>Byrsonima coccolodaefolia</i>	49.4	5.5	1.01	0.04	0.40	0.86
16- <i>Byrsonima crassifolia</i>	50.5	6.1	1.06	0.22	0.51	1.15
17- <i>Pachyanthus wrightii</i>	44.5	5.0	0.83	0.05	0.29	0.64
18- <i>Myrica cerifera</i>	50.1	5.8	1.25	0.34	0.32	1.65
19- <i>Eugenia punicifolia</i>	52.6	6.3	1.32	0.05	0.22	0.72
20- <i>Pinus caribaea</i>	48.9	5.9	0.65	0.28	0.29	0.12
21- <i>Pinus tropicalis</i>	50.7	6.3	0.63	0.25	0.33	0.22
22- <i>Xylopia aromatica</i>	51.9	6.3	1.94	0.08	0.44	0.58
<b>Sumatoria</b>	<b>1038.9</b>	<b>128.5</b>	<b>23.22</b>	<b>3.06</b>	<b>12</b>	<b>21.69</b>
<b>Valores promedio.</b>	<b>47.22</b>	<b>5.84</b>	<b>1.06</b>	<b>0.14</b>	<b>1.55</b>	<b>0.99</b>

Si se calculan los valores medios de los nutrientes de origen edáfico se obtiene la siguiente tabla, en la que se han puesto los resultados obtenidos por Clemente (1983) para once especies de un bosque de encinas:

	N	P	K	Ca
Valor medio de las 22 especies	0.97+-0.39	0.135+-0.14	0.52 +-0.48	0.96+-1.1
Valor promedio	1.06	0.14	1.55	0.99
Encinar 11 especies	1.25	0.15	1.40	1.30

Los valores presentes como promedio en las 22 especies analizadas, se manifiestan de forma positiva al compararlas con los resultados de 11 especies estudiadas, aunque es necesario reconocer que la fertilidad de las sabanas ha de responder a la cantidad de elementos nutrientes que presente y sobre todo a la no presencia de aluminio intercambiable ya que produce limitaciones en el intercambio catiónico lo que no permite la liberación de esos nutrientes para su uso por las plantas, sobre esto Eiten (1972) considera que pudiera avalarse esta situación a partir de conocer el origen de las sabanas, influencias que recibe el territorio por inundaciones periódicas y además por la condición y fortaleza de los aportes de materia orgánica que se le adicionan por parte de los contribuyentes permanentes, es decir, las plantas y los animales, establece además que la fertilidad de las sabanas pudiera estimarse a partir del resultado de la suma de los componentes de las bases intercambiables que presente, esto puede tenerse a partir de la suma de todos los aportes en K; Ca; Mg; y Na por kg de suelo presente. Alexander (1973), mencionado por Luttge (1997), al comparar el contenido de nutrientes entre una zona de pie de monte con las condiciones de las sabanas, en Nicaragua, manifiesta diferencias significativas entre una y otra zona las que compara y sus resultados se observan como sigue:

#### Zona Bosque

C= 5.3%; N=0.53%; Ca= 4.29%; Mg= 3.53%; K= 0.68%; Cap.Cambio= 36.7 meq/100g



## Sabanas

C=2.1%; N=0.14%; Ca=Trazas ; Mg=0.29%; K=0.05%; Cap. Cambio= 10.3 meq/100g

Estas comparaciones corroboran que las arenas blancas constituyen ecosistemas sabanizables en correspondencia con el uso y manejo a que sea sometida por lo que aportes externos de elementos para elevar su fertilidad han de ser estudiados en detalles para evitar situaciones más dañinas.

Medina & Cuevas (1989 y 1994) (Citados en Lüttge 1997) proponen el cociente molar P/N como una medida para caracterizar el origen de las deficiencias minerales de los suelos a través de los análisis foliares. Los valores normales deberían estar entre 15 y 35 (mol/mol)\* 10<sup>-3</sup>. En San Ubaldo se encuentra un valor de P/N = 61 \*10<sup>-3</sup>, mientras que en el encinar y otros matorrales chilenos los valores oscilan entre 44 y 54 \* 10<sup>-3</sup>, indicando en todos ellos, que el nitrógeno es más limitante que el fósforo.

### 5.3.4 Uso consuntivo de los cultivos, pastos y bosques. Estudio de caso

El consumo de agua por los componentes del dosel vegetal de una zona, está influenciado por los factores climáticos, edáficos, los introducidos por el hombre y por características varietales, lo que hace un tanto complejo la determinación del uso consuntivo que éstos utilizan en cada lugar, en los acápite anteriores se exponen los valores que alcanza la ETR para bosques de coníferas ubicadas en las condiciones del embalse El Mulo, la que extrapolamos a las áreas de pinos de las subcuencas analizadas, en relación a las posibilidades para determinar el valor que alcanza el uso consuntivo, existen numerosos autores que elaboraron modelos de calculo para esta condición, así tenemos Sharov, Blaney y Criddle, Thorwthwaite, Tzenova y Pavón, Penman, y otros hasta alcanzar la cifra de 32 modelos diferentes, en la década del 40 surge la consideración de que la ETR se relacionaba con el estado y fase del ciclo biológico en que se encontraba el cultivo y la EV zonal, siendo en la actualidad muy utilizado por su fácil aplicación.

En lo referido a la cantidad de agua utilizada en la producción de una tonelada de cosecha, existen varios investigadores que establecieron pautas en estas determinaciones, las que difieren según el lugar en que se ubican los experimentos, para las condiciones de Cuba y en áreas controladas, Fonseca y Sotolongo (1988), determinaron las siguientes relaciones:

#### Cantidad de agua utilizada por tonelada cosechada. (Tm H<sub>2</sub>O/ Tm producida)

Caña de azúcar – 109 a 141; Bermuda cruzada – 182.8; King Grass – 143.5; Arroz – 3809.5

Naranja Valencia – 514.6; Plátano Fruta – 249.7 – 414.2; Papa – 59.2 – 65.5; Pimiento – 194.2

Tomate Campbell – 71.0; Frijol (grano) – 1788.3; Cebolla – 230.8; Tabaco Sol – 2000;

Maíz (grano) – 600.

Como se aprecia en todo el ciclo, los cultivos procesan una elevada cifra de toneladas de agua (m<sup>3</sup>) para producir una de producto cosechado, en el estudio de caso realizado en la zona sur del municipio de Minas, se determinó la cobertura vegetal de cada una de las subcuencas que integran el territorio que se estudia, determinándose los

consumos que sobre las precipitaciones presentan cada una de ellas, lo que hace un ejemplo del alto factor modificador de la cobertura vegetal en las escorrentías de los cauces. Escarré et al(1996), al estudiar las condiciones del escurrimiento, la ETR y las precipitaciones en diferentes localidades, manifiesta entre un 10 y un 35 % de pérdidas de la Precipitación lo que indica la acción del dosel vegetal en cada una de ellas, Lewis (1968), Burch et al (1987), Brook, Feferer(1990), determinaron pérdidas entre el 14 y el 65%, llegando en casos estudiados en Hudson, a una pérdida entre el 77 y el 85%. Otra cuestión tratada por los investigadores es el hecho de la retención o interceptación de la lluvia, según Piñol (1990), ésta en unión con la transpiración puede llegar al 81% P, visto por un modelo metodológico hidrológico; pero calculada según los criterios de la metodología ecofisiológica puede alcanzar hasta el 86%.(Sala y Tenhunen 1996) todo esto nos pone sobre aviso acerca de los problemas del ciclo hidrológico y de la relación directa sobre éste por parte del ordenamiento y manejo de la cobertura vegetal que posea el territorio. La zona estudiada permite ver con clara visión futurista las realidades a lograr con un manejo y uso adecuado del recurso agua y del posible desarrollo socio económico que alcanzarían las comunidades enclavadas en el territorio que se estudia.

#### **5.4 CONCLUSIONES.**

Queda demostrada la importancia de agua y su relación con la cubierta vegetal que posea el territorio en el que se evalúe el recurso agua, además de que con la aplicación del control del escurrimiento en forma de balance a partir de embalses de cabecera podrá obtenerse una valoración más adecuada del volumen aprovechable del agua y un conocimiento mejor fundamentado sobre el aporte al desarrollo que pudiera establecerse a partir de un ordenamiento adecuado de los recursos de suelo y agua así como de las posibles obras de almacenamiento necesarias para garantizar la entrega de agua necesaria para los cultivos y los abastos que requiere el desarrollo rural de cualquiera de nuestras cuencas.

Tanto los procesos fisiológicos de las plantas como las necesidades de consumo de personas y animales hacen que sea necesario un régimen de manejo y control de los recursos de suelo y agua, pero con una ética práctica y profesional cuyos principios hagan establecer dentro de los balances de un plan de uso del agua, la necesaria para el mantenimiento de los ecosistemas ubicados en cauces y humedales de manera que podamos considerar, como un componente más, el gasto sanitario o compensador ecológico que satisfaga las necesidades y mantenga el equilibrio entre el presente y el futuro para el bien de la humanidad.

### **CAPÍTULO VI:**

### **CONTROL Y APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS HIDROLÓGICOS**

#### **6.1 INTRODUCCIÓN.**

La cuenca Cuyaguateje posee un escurrimiento medio anual de 422 Hm<sup>3</sup> según cálculos realizados hasta la desembocadura del río para el Esquema Regional Precisado de los Recursos Hidráulicos de la República de Cuba. En esta cuenca se poseen dos obras reguladoras del cauce principal (ver Capítulo IV), el resto escurre libre hasta el mar. El uso actual es bajo acorde a su potencial.

El vertimiento de los residuales urbanos e industriales que se suceden en el río, si bien es cierto que no son elevados al extremo de afectar la capacidad depuradora que aún mantiene, sí presenta afectaciones en la calidad del agua, sobre todo para su consumo para el abasto humano.

Son frecuentes las afectaciones por inundaciones tanto en ciudades y pueblos como en áreas de cultivo pastos e instalaciones agropecuarias; esto motiva inquietudes comunitarias con la ocurrencia de las lluvias en la zona fundamentalmente durante la temporada ciclónica.

Estas particularidades hacen necesario el estudio sobre la explotación de los recursos hídricos de esta cuenca, su control y aprovechamiento así como de la necesidad de un aporte al plan de defensa contra inundaciones a fin de que se tengan mejores resultados a los actuales.

## **6.2 MATERIALES Y MÉTODOS.**

Los datos referidos al uso actual y a la calidad que presenta el agua del río Cuyaguaje, así como de los controlados en las estaciones de aforo ubicadas en el cauce, provienen de los controles estadísticos del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos de Pinar del Río, que ha permitido su utilización en esta tesis.

Los perfiles de las secciones transversales correspondientes a los puntos de control en las estaciones hidrométricas se realizaron a partir de trabajos topográficos in situ y se calculan utilizando el método de Manning para determinar el gasto de circulación para diferentes profundidades en cada una de las estaciones de control.

La delimitación de las cotas de los niveles de agua alcanzados cuando el ciclón Alberto, fueron realizadas por comprobación directa en el terreno, mediante encuestas dirigidas con los moradores de las comunidades afectadas y por observación del fenómeno en el momento de ocurrencia por parte del autor, vertidas en hojas cartográficas escala 1:50 000 y escala 1:10 000 en casos como Resolladero y Cueva Clara dado la complejidad de las zonas, a partir de los datos compilados, se realizó el **Mapa de Áreas Inundadas** escala 1: 250 000 para su presentación.

## **6.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.**

### **6.3.1 Análisis de las secciones transversales.**

Las secciones transversales realizadas en cada una de las estaciones de control hidrométrico que posee el río, señalan las cotas que alcanza el agua para situaciones medias en cuanto al gasto de circulación

que se presenta para muchos años de observación, así, al enmarcar estas condiciones del escurrimiento, se puede pronosticar las condiciones de inundabilidad que ocurrirían aguas debajo de cada punto, de esta manera se establecería una red informativa de prevención hacia esos lugares. Se anexan los datos y gráficos que permiten establecer con claridad estas indicaciones.

### **6.3.2 Mapa de Inundabilidad.**

La realización de este mapa, en su versión representativa, nos permite conocer de las zonas en las que se suceden las inundaciones más frecuentes y la cota que alcanzara el ciclón Alberto que constituye el evento pluviométrico de mayor resonancia destructiva registrado en nuestra provincia en el siglo XX, dada esta característica, se toma como de referencia para el establecimiento de las cotas máximas de inundación ocurridas y al mismo tiempo se toman sus intensidades de lluvias como las de mayor valor probabilístico a ocurrir, con estas consideraciones se enmarcan los valores de posibles ocurrencias para las probabilidades de cálculos que requieren las obras hidrotécnicas, considerando las lluvias reales ocurridas en tres puntos de la cuenca que controlaron el fenómeno atmosférico y que dada su ubicación en el área, permiten valoraciones que influyen en el territorio estudiado. Estos puntos pertenecen a la red hidrológica de la Sección de Hidrología del INRH, los que permitieron su utilización en este trabajo.

En el territorio de la cuenca existen 4 núcleos poblacionales urbanos y 34 asentamientos rurales los que presentan una población de 40 211 habitantes, de éstos, se ven afectados por inundaciones 3 de los 4 núcleos urbanos y 25 de los 34 asentamientos rurales, la población con mayor riesgo de afectaciones por las inundaciones alcanza un total de 24 100 de ellos 12 600 en zonas urbanas y 11 500 en zonas rurales, téngase en cuenta que la densidad poblacional del territorio es de 549 hab./km<sup>2</sup>, para zonas de inundaciones frecuentes la población afectada no sobrepasan las 3 500 personas.

Las afectaciones potenciales en áreas de cultivos alcanzan la superficie de 17 980 Ha las que, tendrán mayor o menor incidencia socio económica en razón del momento y época en que se sucedan las lluvias de intensidades probabilísticamente de afectación directa, es decir, si el evento se sucede entre los meses de Noviembre a Abril, las afectaciones de mayor repercusión serían en tabaco, viandas, hortalizas y pastos; de sucederse en la otra parte del año, las afectaciones serían en frutales, granos y pastos, la ganadería presentaría afectaciones en sus instalaciones y población en todo el año; en el resto de las actividades económicas, las afectaciones serían en instalaciones, instrumental y medios por lo que pueden moverse en relación con las circunstancias que se presenten.

Con los datos presentados en esta información y el análisis de las secciones transversales, pueden ejecutarse informaciones cartográficas detalladas a las escalas convenientes para la realización de planes de medidas contra huracanes y así contribuir con la tarea de evitar pérdidas de vidas de personas y animales y pudieran minimizar los daños a la economía en otras esferas sociales de la región. En lo fundamental, los controles necesarios para la aplicación de los criterios preventivos están creados por lo que su aplicación puede ser inmediata en el momento necesario.

### **6.3.3 Parámetros hidráulicos que puedan producir catástrofes. Criterios preventivos.**

Este acápite está referido a aquellas probabilidades de lluvia que produzcan alteraciones significativas en el comportamiento del escurrimiento en sus parámetros del gasto (Caudal por unidad de tiempo  $Q = \text{m}^3/\text{s}$ ) y de la velocidad de circulación en  $\text{m/s}$ , para que aplicando la ecuación de continuidad, se puedan determinar el área mojada necesaria para evacuar la esorrentía provocada para la probabilidad de cálculo, es decir, a partir de este procedimiento se determinarán las condiciones en las que pudieran producirse catástrofes por causa de las lluvias con probabilidad de ocurrencia en la cuenca, estos criterios preventivos se emitirán tomando como base las siguiente premisas:

- 1- Se analizarán los eventos lluviosos extraordinarios relevantes en cada punto de análisis pluviométrico, entre los que se destaca la situación del denominado Ciclón Alberto en 1982, máximo en el siglo XX para la región, que tomaremos como punto de partida en lo referido a cantidad de lluvia y sus intensidades.
- 2- La caracterización del comportamiento hidrológico se ejecutará en los puntos de referencia considerando el perfil transversal en cada uno de ellos, se proyectará el alcance en área de forma planimétrica y se unirán entre sí mediante líneas que proporcionen la visión areal que ocuparía en el terreno de manera que la presentación del mapa sobre inundaciones posibles a ocurrir sea exponente para prevenir o aplicar medidas que minimicen el impacto que éstas puedan provocar.
- 3- El método de cálculo a utilizar será el establecido por Batista JL. 1982, para las condiciones de Cuba, para cuencas permeables o que su estructura contenga partes permeables y partes no permeables. En aquellos cierres, cuya cuenca tributaria sea impermeable, se utilizará la ecuación establecida en el acápite 5.3.1, en cada caso se indicará el procedimiento matemático utilizado.
- 4- Los detalles sobre las condiciones que influyen en el escurrimiento se encuentran en cada una de las subcuencas que integran el territorio que se estudia, y la sumatoria de éstas para cada punto de análisis hidrológico, serán las que se tendrán en cuenta para la determinación de los parámetros probabilísticos para las condiciones de análisis.
- 5- Estas determinaciones se realizarán para la etapa organizativa de la planificación del ordenamiento de cada subcuenca, la realización de proyectos ejecutivos de áreas ocupadas y/o de obras inducidas o necesarias para garantizar el esquema inicial, precisarán de datos más detallados según la escala de trabajo que se requiera en cada caso.
- 6- La determinación de las áreas o zonas inundables que presenten situaciones especiales ante la ocurrencia de lluvias cuyas intensidades y duración sobrepasen los límites normales de circulación en los causes, podrán ser estudiadas a partir de los elementos que se brindan en la Estructura hidrológica y en el Mapa Isoyético de Precipitaciones donde se muestra la lluvia máxima para 24 horas en la cuenca.

Las características hidrológicas de la cuenca vienen dadas por la existencia de drenaje tanto subterráneo como superficial, que está determinado por los factores geólogo-geomorfológicos. Así en

las Alturas de Pizarras el escurrimiento es principalmente superficial, a través de una red de cañadas y arroyos bien desarrollada, bajo la influencia de fuertes pendientes lo que provoca un aumento del coeficiente de escurrimiento. En las montañas cartsificadas la circulación de las aguas es fundamentalmente subterránea por medio de un sistema de conductos verticales y horizontales.

Los valles también presentan una red hidrográfica que en algunos tramos atraviesa las sierras amogotadas.

La red fluvial en la llanura es superficial y poco densa en el extremo sur a causa de la poca inclinación de la superficie y el alto coeficiente de infiltración que viene dado por la textura arenosa de los sedimentos. Esta zona se distingue de las anteriores por la existencia de un manto freático que yace a poca profundidad y que en las partes cercanas a la costa está salinizada. En la tabla de las Características Hidrográficas de la Cuenca, se muestran estos elementos.

#### **6.3.4 Uso de los Recursos Hídricos.**

El territorio que abarca la cuenca en estudio presenta la característica de ser montañosa en sus dos primeros tercios y llana y arenosa en su tercio final con amplios humedales poco profundos y cenagosos; en la primera zona, más del 60% de su territorio está integrado por elevaciones de pizarra esquisto - micáceas y formaciones de mogotes de caliza en su mayoría hueca formando una de las zonas cársticas más amplias de la región occidental, entre estas formaciones, se encuentran valles intramontanos que poseen suelos altamente agrícolas y con topografía llana en su mayoría formando áreas de dimensiones variadas y que constituyen las superficies de siembra para los cultivos agrícolas económicos de la región, en su mayoría, estos valles, poseen cauces que les proveen de agua para las necesidades de consumo y riego, aunque es de destacar que en su mayor número son corrientes intermitentes en el tiempo y además que se introducen en las zonas de cartso provocando escorrentías subterráneas que pueden o no aflorar a la superficie del terreno en forma de manantiales.

El cauce principal de este sistema de corrientes, lo constituye el río Cuyagüateje, éste circula a través de los valles, sin embargo, debido a que la pendiente de las tierras se dirige hacia el río, la entrega de agua precisa de equipos de bombeo que la conduzca hasta los puntos de distribución para poder efectuar el riego o el abasto a los animales, por tales razones, se comenzó el estudio de planeamiento hidráulico de la zona sur del municipio Minas a fin de poder establecer la vinculación más adecuada de los volúmenes de agua a utilizar que, con un plan de uso del agua, pudiera enmarcar en tiempo cada uno de los indicadores contenidos en el plan y así propiciar el análisis para el desarrollo rural necesario en la zona, de esta manera se comenzó este trabajo. El resultado de este planeamiento hidráulico, se detallará en el acápite 6.3.3.

#### **6.3.5 Planeamiento hidráulico de la cuenca Cuyagüateje en el municipio Minas. Zona Sur.**

Al valorar las posibilidades de uso y manejo del potencial hídrico que brinda el régimen pluviométrico de la cuenca en el territorio que ocupa el municipio Minas y que se corresponde con la totalidad del área de drenaje del curso

superior del río, teniendo en cuenta la caracterización de las subcuencas que lo integran y del complejo sistema geológico que estructuran las referidas zonas, se concluye que:

- 1- Los territorios ocupados por los valles intramontanos, poseen suelos de diferentes espesores de su capa arable pero todos presentan una elevada velocidad de infiltración dado por su estructura granular suelta y por la capa de rocas calizas huecas que los sustenta, por lo que en su mayoría, no admiten obras hidráulicas de almacenamiento de agua (reservorios como embalses, grandes o pequeños, cajas distribuidoras, etc.), esto ha sido comprobado a partir de las pruebas de infiltración realizadas en diferentes puntos estudiados en el territorio lo que permite asegurar la certeza de las predicciones que sobre técnicas de riego se hacen en este trabajo. Se adjuntan los datos sobre la infiltración en esta zona.
- 2- El cauce del río, en la mayor parte de su recorrido, presenta afloramientos rocosos en forma de bloques muy cercanos entre sí pero con grietas, uniones, fisuras, oquedades y galerías que las hacen permeables al máximo, a tal punto que existen tramos que en época de estiaje no presentaban escurrimiento superficial a partir de escurrimientos aforados que oscilaban entre 130 y 150 l/s en puntos superiores del cauce.
- 3- Las pendientes de los terrenos colindantes, se proyectan hacia el río y aunque los valles se pueden considerar zonas llanas o ligeramente onduladas, la conducción del agua por la superficie no puede lograrse con la utilización de canales abiertos en tierra dado por las condiciones descritas en 1 y por la necesidad de elevar el colchón del terraplén a fin de llegar hasta los puntos dominantes en el terreno para efectuar el riego, por lo tanto, la conducción del agua para su uso ha de realizarse mediante estaciones de bombeo y conducción cerrada mediante tuberías
- 4- De las técnicas de riego disponibles en el territorio, la de aspersión de baja y de media presión de trabajo es la más recomendable dada sus facilidades de adaptación a las condiciones de los terrenos y por ser las de mejor comportamiento en eficiencia de uso del agua, de las técnicas y sus modalidades estudiadas, los datos finales se reflejan en la información siguiente:

TÉCNICA	MODALIDAD	EFICIENCIA	EFFECTOS NEGATIVOS MÁS IMPACTANTES
<b>Aspersión</b>	Baja presión	0.77 - 0.83	Puestas largas, sobre humedecimiento local
	Media presión	0.73 - 0.78	Afectación de bordes en caminos fronterizos
	Alta presión	0.60 - 0.65	Daño foliar, arrastre de suelos
	Surcos cortos cerrados	0.55 - 0.60	Desprendimiento en surcos, poco arrastre

<b>Gravedad</b>	Surcos largos	0.50 - 0.55	Arrastre, puede provocar cárcavas en derrames
	Bandas	0.44 - 0.45	Arrastre, desprendimientos amplios, cárcavas

5- Dado el comportamiento del escurrimiento en el río, y considerando las posibilidades de entrega del agua, se aprecia la necesidad de ejecutar obras de almacenamiento para ser utilizadas en la época de menos lluvias, que en ocasiones se presenta extremadamente seca, llegando a la conclusión de ejecutar un complejo plan de obras a ejecutar en las que se tuvo que admitir lo siguiente:

- La zona premontañosa (pizarras) es la que permitiría obras de este tipo debido a la geología del territorio.
- Los embalses tendrían el carácter de regulador anual, para permitir, una vez llenos, la circulación libre del agua pero con la regulación al escurrimiento que imprime la transformación de avenidas por la presa.
- La utilización de los embalses serían multipropósitos, de manera que se aprovecharan todas las posibilidades en generación de energía eléctrica, piscicultura, abasto a instalaciones ganaderas, abasto a núcleos urbanos (casos específicos) y finalmente en aplicaciones agrícolas en riego y agroindustrias de esta manera, la amortización de sus costes constructivos se verían amortizados en un tiempo menor además de contribuir con la sostenibilidad de la región a través del aumento de la calidad de vida de los pobladores de estas comunidades, del uso adecuado del recurso agua y del tratamiento correcto de los suelos que fueran beneficiados por la infraestructura hidráulica propuesta.

A manera de resumen, se tiene que en la zona estudiada, se podrán construir las siguientes obras reguladoras o almacenadoras de los escurrimientos del régimen pluviométrico zonal en cada punto:

Nº	DENOMINACIÓN	Coordenadas del cierre		Volume <i>n</i> (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	Altura (m)	Cota NAN s.n.m.m	Área NAN (Ha)
		Norte	Este				
1	Cantarote I	286.9	206.2	1.325	15.0	118.0	19.5
2	Cantarote II	294.5	206.7	1.230	18.0	148.0	12.0
3	Cuyaguateje (El Mulo)	293.2	205.6	6.522	24.4	140.6	85.0
4	Sumidero	293.0	201.6	0.890	20.8	122.0	12.4
5	Calientes	292.0	200.7	0.238	12.5	125.0	12.0
6	Arenales I	289.5	197.2	0.615	17.5	130.0	9.2
7	Arenales II	288.3	199.2	1.240	22.5	155.0	16.0
8	Santanilla	287.2	197.2	0.475	21.6	132.0	8.5



9	La Majagua	284.9	195.7	1.220	22.5	125.0	14.5
10	Las Canteras	284.0	194.6	1.420	22.5	160.0	22.0
11	Francisco I	294.9	190.6	0.500	15.0	145.0	12.0
12	Francisco II	295.7	191.4	0.300	12.0	135.0	9.0
13	Francisco III	297.2	194.1	0.200	8.0	143.0	8.0
14	Francisco IV	297.0	193.0	0.300	8.0	130.0	10.0
15	Francisco V	296.0	192.1	0.400	15.0	150.0	12.0

En el territorio en que se ubican estas obras, existen 11 asentamientos humanos con no más de 25 viviendas en cada uno, lo que permite un análisis de las posibilidades energéticas de estos embalses y condicionarlos en función de instalarles micro centrales hidroeléctricas para lograr un paso de avance en el desarrollo humano para estos asentamientos rurales y así contribuir con la ampliación de la cultura.

Por otra parte, el incremento de los rendimientos de los cultivos de secano que hoy ocupan el territorio que beneficiarían estas obras permitirá un salto productivo y económico que redundará en elevar y mejorar las condiciones de vida en estas comunidades.

De estas obras, a finales de 1989 e inicios del 90', se comenzaron a ejecutar los embalses de El Mulo y Francisco V, respectivamente, culminando ésta última en 1991 y El Mulo en 1994. En ningún caso se ha realizado estudios de valoración de impactos, debido a que en esta época no existían regulaciones acerca de esta acción, ya en la actualidad la Ley 81 de Medio Ambiente establece la obligatoriedad de realizar estos estudios de evaluación de impactos a toda obra de este tipo, por lo tanto, serán realidades futuras estos análisis.

Debido a la característica que presenta el área tributaria de la presa El Mulo, en lo concerniente a su cobertura, ésta es boscosa en toda su extensión y sobre todo cubierta con forestales (*Pinus caribaea*, y taxones asociados) y en su mayoría sobre esquistos pizarrosos, permitirá agregar un aspecto investigativo muy importante que es la determinación de la influencia de esta cobertura vegetal en el ciclo hidrológico a través de conocer la Evapo - Transpiración Real ocurrida en esta superficie y los parámetros de sus componentes.

#### 6.4 CONCLUSIONES.

El uso del Mapa y los datos sobre la dinámica de los gastos de circulación en cada una de las estaciones de aforo ubicadas en el cauce principal, permiten su aplicación en los planes contra desastres naturales y al mismo tiempo constituye una fuente de permanente consulta sobre la variable precipitación y sus posibles alcances en el territorio. Al mismo tiempo sirve como base de ploteo para el marcaje de posibles nuevas afectaciones por lluvias extraordinarias que ocurran.

Las consideraciones sobre los elementos metodológicos a tener en cuenta para lograr planes de mayor precisión, responden a la necesidad de realizar los planes de ordenamiento territorial con carácter local

o zonal para establecer, en su unión, el planeamiento territorial capaz de reunir todos los aspectos que permitan integrar de forma concreta y con la participación de las comunidades, el posible desarrollo sostenible que requiere el momento.

## **CAPÍTULO VII: AGUA, SUELO Y PRODUCCIÓN PRIMARIA.**

### **7.1 INTRODUCCIÓN.**

El desarrollo de las ciencias agrícolas, ha permitido que el hombre logre rendimientos de gran alcance en variedades de especies fundamentales para su vida; sin tener en cuenta los fenómenos del clima, sus alternancias y comportamientos, una variedad de alto rendimiento en el campo de la experimentación, puede presentar resultados inferiores a la mínima aceptable y si no se tienen en cuenta las características del suelo, entonces, un trabajo de gran valor científico y técnico, se manifiesta negativamente. En este capítulo se establecen algunos criterios acerca de la relación Suelo - Clima - Cultivo y la participación del hombre con las actividades requeridas para lograr que en la realización del ordenamiento integral de un área o zona determinada, se tenga en cuenta la relación entre las exigencias naturales del cultivo y las posibilidades que ofertan las condiciones naturales del lugar en el que se ubican; de forma tal que posibles limitaciones en agua y nutrientes puedan dejar de ser factores que afecten los planes productivos, ya que se podrían pronosticar los rendimientos mínimos a obtener para no estimar inadecuadamente los resultados alcanzables de un cultivo o área específica.

Si frente a las exigencias del cultivo se analizan las posibilidades que brindan el clima y el suelo en una región dada, se puede definir el rango de concordancia y categorizar la zona.(León Coro 1991), ésto indica que los resultados productivos finales han de estar en relación directa con las necesidades y las ofertas que brinden el suelo y el clima a las plantas, por tales razones, sería provechoso establecer las categorías zonales que posea un territorio a fin de utilizarlo en las acciones más cercanas a la vocación que éstos tengan frente a un cultivo específico.

Las clasificaciones de clima utilizadas en la actualidad así como las categorizaciones agrológicas de los suelos, se consideran por separado para una zona lo que no permite observar sus interacciones de forma directa y en función de los resultados finales a obtener. En este trabajo, se introduce el valor de esta unión de forma que se aplique en las consideraciones iniciales de la planificación de uso y manejo de los recursos de suelo y agua, es decir, que se consideran los factores biogeoquímicos que participan en el proceso productivo, teniendo en cuenta la factibilidad del riego y el drenaje junto a la adaptabilidad de los cultivos al lugar. Con estas premisas, desarrollaremos este aspecto medular en este trabajo.

### **7.2 MATERIALES Y MÉTODOS.**

El resultado productivo que se obtiene de los cultivos agrícolas y forestales, no siempre han satisfecho las cifras previstas en los planes de producción por lo que una nueva forma de considerar los pronósticos productivos lo es la aplicación de la ecuación que denota la disminución del rendimiento (DR) que fuera determinada en parcelas

de la Empresa Municipal Agropecuaria, en el lote Los Burros, los análisis estadísticos acerca de los rendimientos previstos y su correspondencia con los obtenidos se muestran en los resultados alcanzados.

Los cálculos sobre producción de materia seca se realizan por el método de DeWitt, los que se aplican en dos fases, la primera hasta la obtención del factor F y la segunda introduciéndoles los coeficientes que afectan a los rendimientos por cosecha y tipo de cultivo hasta obtener la producción de materia seca cosechable y así poder establecer las comparaciones con los resultados obtenidos.

La clasificación de los suelos se realiza acorde a las instrucciones metodológicas para el levantamiento de suelos de Cuba escala 1:25 000, Minagri (1985) y las determinaciones de las características hidrofísicas, se toman del informe técnico Características Hidrofísicas de los suelos de la provincia de Pinar del Río, Minagri (1991). Los análisis de suelo ( pH, nutrientes y granulometría), se realizaron en el laboratorio del Dpto. de suelos y fertilizantes del Minagri.

### 7.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

#### 7.3.1 Modelo de pérdida de rendimientos en cultivos.

La formación del medio en un lugar específico, es el producto de las relaciones que se realizan entre los factores del suelo, el clima y la vegetación, los que según Mayor (1951), mencionado por Kimmins (1997) consideran que el mantenimiento del suelo y el clima se debe fundamentalmente a la dinámica que haya presentado y presente la vegetación del lugar.

La relación entre las exigencias naturales (En) de las especies vegetales, para un desarrollo normal de sus funciones, y las condiciones naturales (Cn) de un lugar específico; establece los parámetros e indicadores productivos que pueden alcanzarse caracterizando la función evolutiva de la especie; es decir, si la especie sólo alcanza su expresión menos desarrollada o si está apta para su desarrollo total y potencialmente productiva al máximo.

Matemáticamente puede expresarse, que En y Cn son números positivos y enteros y que responden a la expresión  $Cn/En = K$ , siendo K una expresión que representa una igualdad porcentual, lo que se puede sustituir por su igualdad logarítmica según la ecuación:

$$Cn/En=K = \log Cn/En = \log Cn - \log En = DR = \text{Disminución del Rendimiento}$$

Con la aplicación de esta ecuación, a partir del análisis individual de las condiciones naturales de un lugar, en lo referido a suelo y clima, además de conocer las necesidades naturales del cultivo en condiciones de clima y suelo, se tendrán las informaciones fundamentales para pronosticar o estimar los rendimientos a alcanzar teniendo como base de comparación los rendimientos que para el cultivo se indican en los instructivos técnicos especializados y que constituyen la base comparativa de esta ecuación. Al referirse a la pirámide de producción de biomasa, (Odum 1971) señala que se diferencia de otras pirámides en que la participación de sus componentes son proporcionales a la biomasa producida o a su peso en materia seca, (estos componentes están

referidos a las condiciones en que son satisfechas las necesidades del cultivo), así se puede estimar el desarrollo a obtener, se puede notar en cultivos de ciclo corto en el resultado de sus cosechas, Kozlovky (1968), ambos mencionados por Kimmins (1997).

Del trabajo “Utilización del medio ambiente en el pronóstico de Rendimientos Agrícolas (León Coro 1991), se toma lo siguiente: Si frente a las exigencias del cultivo se analizan las posibilidades que brindan el clima y el suelo en una región dada, se puede definir el rango de concordancia y categorizar la zona.

#### Caracterización y categorización zonal.

	Carácter	Categoría	
<b>Carácter de la concordancia climática (%)</b>		<b>Climático</b>	<b>Climática</b>
Cumple con las exigencias del cultivo en un 90 - 95 %		Excelente	I
Cumple con las exigencias del cultivo en un 80 - 90 %		Buena	II
Cumple con las exigencias del cultivo en un 60 - 80 %		Aceptable	III
Cumple con las exigencias del cultivo en un 50% o menos		No adecuada	IV

	Carácter	
<b>Categoría</b>	<b>Edáfico</b>	<b>Edafológica</b>
<b>Carácter de la concordancia edafológica (%)</b>		
Suelos sin limitaciones	Muy apto	I
Suelos con limitaciones eliminables fácilmente	Aptos	II
Suelos con limitaciones no eliminables fácilmente	Med. Apto	III
Suelos con fuertes limitaciones	No Aptos	IV

En las indicaciones para el planeamiento agrícola zonal del Minagri, se señala que la máxima producción a alcanzar en condiciones de campo serán calculadas a partir de considerar entre el 70 y el 80 % del rendimiento experimental siendo el valor que aparece en los instructivos técnicos, además, en la categorización de los suelos, establece que hasta un 50% de la producción a alcanzar según el instructivo técnico, no debe ser inferior a esta cifra pues no responde económicamente a su ubicación. Es por eso que se valoran los suelos hasta categoría III para su utilización en lo referido a la ordenación territorial, de los valores de intervalo 5,10,20 se debe a una escala considerada válida para estos fines.

El Rendimiento Mínimo Potencial (RMP), utilizado por la Dirección de Suelos y Fertilizantes del MINAGRI en sus evaluaciones agro productivas, se refiere a los suelos y su adaptabilidad para el cultivo, ahora bien, y tomando sus propios valores, adicionándole la categoría climática del lugar, tendrá la siguiente escala de alcance porcentual del RMP del cultivo.

Suelo	%RPM	Suelo	%RPM
I	70 - 80 %	I	50 - 60 %

CI - I	II	60 - 70 %	CI - II	II	40 - 50 %
	III	40 - 60 %		III	30 - 40 %
	IV	20% o menos		IV	15% o menos

Suelo		%RPM	Suelo		%RPM
CI - III	I	40 - 50 %	CI - IV	I	30 - 40 %
	II	30 - 40 %		II	15 - 30 %
	III	20 - 30 %		III	10 - 15 %
	IV	10% o menos		IV	5% o menos

Esta valoración se realiza teniendo en consideración la información anterior, en función de las encuestas realizadas entre los productores de diferentes lugares y por conversaciones directas con los especialistas de cultivos en la delegación del Minagri, es decir, esta escala puede considerarse como un resultado del criterio profesional, además, en los detalles del análisis estadístico de lo esperado y lo recibido, avala esta relación con un cierto grado de acercamiento a la realidad.

Como se observa la variedad siempre intentará mantener la especie a pesar de las condiciones adversas pero sus resultados productivos no responden económicamente a sus propósitos. De aquí se infiere que las combinaciones de suelo y clima en las que el cultivo se desarrolla, debe potencial como límite productivo – económico, un 50% del RMP de manera que los efectos económicos no sean negativos.

Si se tiene en cuenta la diferencia en exigencias de las especies forestales con las especies vegetales agrícolas, se puede enmarcar en otras combinaciones las posibilidades de uso del territorio en mayor alcance productivo con la introducción de las especies que mejor se adecuen a las condiciones ecológicas de cada lugar. Ahora bien en caso de establecer un ordenamiento rural zonal en el que se contemplen la combinación de los cultivos y se considere el uso y manejo del territorio en función agropecuaria forestal, entonces la situación se complejiza y nos obliga a un estudio más detallado de los recursos de suelo y clima que permita pronosticar los resultados a obtener en cada caso. En este aspecto, se debe conocer el o los propósitos de las especies vegetales a utilizar de manera que se obtengan los mejores resultados, para ello, se debe determinar el alcance del Indicador de la Disminución del Rendimiento (DR) partiendo del siguiente algoritmo:

Estableciendo una escala de valores que transite desde 10 hasta 0, en la escala anteriormente expuesta, podremos valorar la condición del rendimiento de las especies acordes a su autoecología la que se manifiesta en estas relaciones (CI, S). Además estableciendo como constante el valor de las Exigencias Naturales (En) con valor 10, se tendrá que el valor de su log sería igual a uno, lo que transformaría la ecuación en la siguiente forma:

$$\text{Log. Cn} - 1 = \text{DR};$$

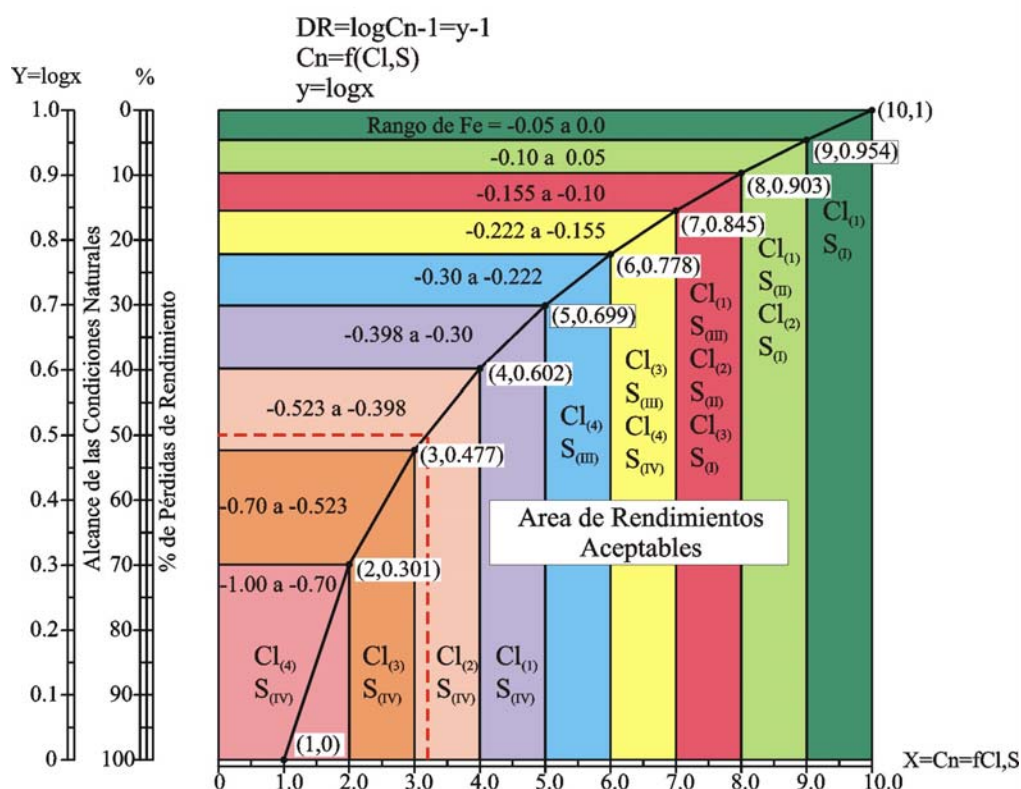
Así podrá establecerse de forma comparativa la planificación de manejo de una especie forestal o agrícola que se ubique en diferentes ecosistemas partiendo de la diferencia en tiempo de desarrollo para alcanzar un determinado rendimiento productivo. La escala quedaría conformada de la siguiente manera:

CI-1	Suelo	Valor	log Cn	CI-2	Suelo	Valor	log.Cn
	I	10	1.000		I	9	0.954
	II	9	0.954		II	8	0.903
	III	8	0.903		III	7	0.845
	IV	4	0.602		IV	3	0.477
CI-3	Suelo	Valor	log Cn	CI-4	Suelo	Valor	log.Cn
	I	8	0.903		I	7	0.845
	II	7	0.845		II	6	0.778
	III	6	0.778		III	5	0.699
	IV	2	0.301		IV	1	0.000

Esta clasificación presenta la clase CI-4; S-IV, que biológicamente no tiene sentido, sin embargo, numéricamente debe responder al valor cero, lo que pudiera considerarse negativo, consecuentemente a la aplicación de esta ecuación, se tiene la siguiente curva, la que aclara el sentido de esta hipótesis.

Este modelo auxiliar para el ordenamiento territorial integral, constituye un eslabón que posibilita el análisis previo para la planificación de uso de los suelos del territorio acorde a las condiciones climáticas propias de cada lugar, aún dentro de un mismo territorio, ya que permite la diferenciación de usos y su proyección temporal acorde con las características biológicas del cultivo que se analiza, es decir, responde a la relación del suelo, el clima y las exigencias que de ambos y a su tiempo, por su naturaleza, requieren las especies vegetales.

Curva indicadora de la disminución del rendimiento.



En la actualidad se realizan diferentes análisis para la utilización de los territorios que en su mayoría responden a exigencias socio - económicas o a consideraciones personales de los propietarios o de los responsabilizados con soluciones temporales y que manejan el recurso suelo a su criterio. La aplicación consecuente de este resultado permite minimizar los errores que en la decisión de uso de la tierra se pueden acometer, por su fácil manejo, es aplicable directamente con el uso de la curva diseñada, que se hace asequible a los líderes comunitarios y en todos los casos, para cualquier combinación de suelo y clima, tendrá una respuesta que permite cuantificar el alcance futuro de la variedad utilizada. Para una comprensión total de su aplicabilidad, se ofrecen indicaciones para su utilización.

Pasos a seguir en la planificación del uso de los recursos de suelo y clima y la posible respuesta productiva de la especie a ubicar en un lugar dado:

- Primero, se establecen las exigencias naturales (En) de la variedad que vamos a ubicar.
- Segundo, se localizan las áreas en que se ubicará y se categorizará ésta (Clima y Suelo).
- Tercero, se aplicará la fórmula descrita o se utilizará la curva y se conocerá cual será la relación de desarrollo y se tendrá la respuesta productiva en el tiempo, pudiendo seleccionar y establecer el orden de ocupación de la tierra así como del manejo de la plantación.

A manera de ejemplo se indica el desarrollo de cada uno de los pasos establecidos en la realización del ordenamiento del municipio Minas, que se toma de referencia en este trabajo.

**Condiciones Naturales Óptimas que exigen algunas de las especies forestales y de las agrícolas de los genéricos Viandas, Hortalizas y Granos.**

<b>ESPECIE. Forestal</b>	<b>T<sup>0</sup>C</b>	<b>LUZ (hr)</b>	<b>LLUVIA (mm)</b>	<b>SUELOS</b>
C.candidissimum (Dagame)	24 - 26	Alta	850 - 1700	De origen calcáreo con buen drenaje.
C.odorata (Cedro)	21 -26	Alta	1200- 2000	Calcáreo, buen drenaje
Alliodora (Varia Amarilla)	23 - 25	Alta	1400- 1900	Calcáreo, buen drenaje y materia orgánica.
C.gerascentyus (Varia Prieta)	23- 26	Alta	850- 1800	Calcáreo, Altos, Secantes
H.elatus Sw (Majagua)	24- 25	Alta	1400 -3000	Variados, húmedos, materia orgánica.
nyasica (Caoba Africana)	21- 25	Alta	1300 -2000	Variados, húmedos
P.caribaea (Pino Macho)	24- 25	Alta	1060- 1500	Variados, esquistos, ácido
P.tropicalis (Pino Hembra)	24-32	Alta	1100- 1400	Arenosos, pobres, ácidos
macrophylla (Caoba Hond.)	24- 26	Alta	1200- 2000	Loam, profundos, drenados

**Especies Agrícolas (Viandas, Hortalizas y Granos).**

**Tomate:** ( Lycopersicum esculentum, Mill)

- Ciclo 90 - 120 días
- t<sup>0</sup>C 15 – 30 Opt. 20-24 °C
- Suma °C= 1980- 2640
- 10-12 hr/luz
- H. relativa 60-75%
- Agua 430- 480 mm/ciclo
- máx. Veloc. de viento admisible 7 m/s
- Suelos: Crece en gran variedad de suelos desde arenosos a los arcillosos.

Requiere de pH (CIK) de 5.5 a 7.5

**Zanahoria:** (Daucus carota D.C.)

- Ciclo 60-110 días
- t<sup>0</sup>C 5-28, Opt. 18-25°C
- Suma °C 3000-3300
- 10-12 hr/luz
- H.relat. 70-75 %
- Agua 210-300 mm/ciclo
- Suelos: Arenosos y loam arenoso. pH 6.0-7.5



**Calabaza:** (Curcubita pepo L)

- Ciclo 110-140 días
- $t^{\circ}\text{C}$  18-32, Opt. 20-28  $^{\circ}\text{C}$
- Suma  $^{\circ}\text{C}$  3000- 3600
- 9-11 hr/luz
- H.relat. 60-75%
- Agua 280-320 mm/ciclo.
- Suelos: Loam arenoso y arcilloso (Oscuros) con alto contenido de nutrientes y MO pH 5.5-75%.

**Pepino:** (Cucumis sativus Lin.)

- Ciclo 70-80 días
- $t^{\circ}\text{C}$  14-30, Opt. 18-28  $^{\circ}\text{C}$
- Suma  $^{\circ}\text{C}$  800-1200
- 7-9 hr/luz.
- H.relat. 75-80%
- Agua 320-370 mm/ciclo
- Suelos: Arenosos y loam arenoso profundos y bien drenados, pH 5.5-7.0

**Lechuga:** (Lactuca sativa Lin.)

- Ciclo 60 - 110 días
- $t^{\circ}\text{C}$  14-25, Opt. 16-20  $^{\circ}\text{C}$
- Suma  $^{\circ}\text{C}$  1080- 1760
- 10-11 hr/luz
- H.relat. 65-70%
- Agua 240-300 mm/ciclo
- Suelos: Desde loam arenoso a suelos con alto contenido de materia orgánica y alta fertilidad natural, profundos y bien drenados, pH 5.5- 7.5

**Habichuelas:** (Vigna sesquipedalais F)

- Ciclo 50-80 días
- $t^{\circ}\text{C}$  10-30, Opt. 22-25  $^{\circ}\text{C}$
- Suma  $^{\circ}\text{C}$  1100-1760
- H.relat. 65-70%
- Agua 200-290 mm/ciclo.
- 9-10 hr/luz
- Suelos: Crece en una larga lista de suelos siempre que sean sueltos, friables de buen drenaje superficial e interno, con un pH 6.0-7.0

**Frijol común:** (Phaseolus vulgaris L)

- Ciclo 110-130 días
- Ciclo 110-130 días

- $t^{\circ}\text{C}$  15-30, Opt. 22-25  $^{\circ}\text{C}$
- Suma  $^{\circ}\text{C}$  2400- 3000
- 8-9 hr/luz
- H.relat. 65-75%
- Agua 150 - 250 mm/ciclo
- Suelos: Loam arcilloso y arcillo - arenoso pH 5.5 - 7.0

**Soya:** (*Glycine max* L.)

- Ciclo 100- 150 días
- $t^{\circ}\text{C}$  15-30, Opt. 20-24  $^{\circ}\text{C}$
- Suma  $^{\circ}\text{C}$  2600-3200
- 6-8 hr/luz
- H.relat. 65-80%
- Agua 520-630 mm/ciclo.
- Veloc. Viento 5 m/seg.
- Suelos: Arcillo - arenosos con alta retención de humedad con pH 6.0 -7.0

**Maní:** (*Arachis hypogaea* Lin.)

- Ciclo 100-120 días
- $t^{\circ}\text{C}$  15-32, Opt. 22-26
- Suma  $^{\circ}\text{C}$  2200-2500
- 9-10 hs/luz
- H.relat. 65-75%
- Agua 220-310 mm/cicl
- Suelo: Arenosos y loam arenoso con buen drenaje y pH de 5.3 - 6.6

**Maíz:** (*Zea mays* Lin.)

- Ciclo 90-180 días
- $t^{\circ}\text{C}$  12-36, Opt. 20-24
- Suma  $^{\circ}\text{C}$  2600-3600
- 8-9 hr/luz
- H.relat. 70-80%
- Agua 310-420 mm/ciclo
- Velocidad del viento 6 m/s
- Suelos: Crece en una larga lista de suelos siempre que sean sueltos, friables de buen drenaje superficial e interno, con un pH 5.0-7.0

**Melón:** (*Citrullus vulgaris* Schrad.)

- Ciclo 70-90 días
- $t^{\circ}\text{C}$  12-40, Opt. 18-32
- Suma  $^{\circ}\text{C}$  1400-1800
- 10-12 hr/luz

- H.relat. 65-70%
- Agua 250-320 mm/ciclo
- Suelos: Loam arenoso con buen drenaje, pH 6.0-7.5

**Algodón:** (*Gossypium barbadense* L.)

- Ciclo 90-120 días
- t<sup>0</sup>C 10-32, Opt. 23-27
- Suma °C 1700-1800
- 7-9 hr/luz
- H.relat. 65-70%
- Agua 180-210 mm/ciclo
- Velocidad del viento 5 m/s
- Suelos: Arenosos y loam arenoso con buen drenaje y pH 6.5-7.5.

**Papa:** (*Solanum tuberosum* Lin.)

- Ciclo 90-120 días
- t<sup>0</sup>C 15-25, Opt. 18-22
- Suma °C 2400-3200
- 10-12 hr/luz
- H.relat. 60-75%
- Agua 510-800 mm/ciclo
- Velocidad del viento 5 m/s

**Boniato:** (*Ipomea batatas* Lin.)

- Ciclo 90-150 días
- t<sup>0</sup>C 15-35, Opt. 20-28
- Suma °C 2000-3100
- 9-10 hr/luz
- H.relat. 60-75%
- Agua 750-1250 mm/ciclo
- Suelos: Loam arenoso con buen drenaje y pH 5.8-6.0

**Yuca:** (*Manihot esculenta* Crantz.)

- Ciclo 180-270 días
- t<sup>0</sup>C 15-32, Opt. 24-28
- Suma 7000-11500
- 8-12 hr/luz
- H.relat. 70-85%
- Agua 500-1200 mm/ciclo
- Velocidad del viento 4-5 m/s

- Suelo: Silíceo-arcilloso (Mejores), aluviales bien drenados (Buenos) no son recomendables los pardos carbonatados montmorilloníticos, pH 5.5-6.5

**Malanga:** (*Xanthosoma sagittifolium* Schott.)

- Ciclo 210-330 días
- $t^{\circ}\text{C}$  18-35, Opt. 25-28  $^{\circ}\text{C}$
- Suma 5400- 6200  $^{\circ}\text{C}$
- 6-10 hr/luz
- H.relat. 70-80%
- Agua (gen. *Xanthosoma*) 750-900 mm/ciclo, (gen. *Colocacia*) 1200 - 1800 mm/ciclo.
- Suelos: Ferralítico rojo, aluviales con buen drenaje para *Xanthosoma*, pH 5.5-6.5

**Plátano:** (*Musa paradisiac*, L.)

- Ciclo años
- $t^{\circ}\text{C}$  16-36
- Opt. 23-26  $^{\circ}\text{C}$
- Suma  $^{\circ}\text{C}$  9650 (año)
- 6-9 hr/luz
- H.relat. 75-80%
- Agua 800-1200 mm/año.
- Velocidad del viento 6 m/s
- Suelos: Ferralíticos rojos y aluviales, profundos, con buen drenaje y pH 5.0-6.5

Teniendo en consideración los aspectos señalados como exigencias de los cultivos, y estableciendo la categorización del suelo y del clima, se podrá estimar los pronósticos productivos pero para comparar los resultados propuestos, se utilizarán otros métodos para lograr una validación adecuada de los planteamientos realizados, esto se logra aplicando el método de DeWitt en lo referido al cálculo de la materia seca y posteriormente, acorde con el cultivo, su estimado a cosechar.

El algoritmo utilizado para la aplicación del método, consiste en establecer dos etapas, la primera determina valores de uso general para todos los cultivos pues se completa con la determinación de la materia seca que se produce en cada mes del año para una zona dada y la segunda etapa permite llegar a la determinación de la cantidad a cosechar en correspondencia con el cultivo que se establece, lo que permite una disminución en el tiempo de planificación de ordenamiento territorial.

### 7.3.1.1 Cálculo de la producción de materia seca.

El rendimiento de los cultivos es el resultado de la combinación de los factores naturales satisfaciendo las exigencias naturales de las variedades de cultivo, que tienen su mayor exponente en el comportamiento que presente la formación de materia seca y que se verifica en la función metabólica de cada planta, midiéndose a través del fenómeno de la Evapotranspiración, es decir, se pone de manifiesto la necesidad de controlar adecuadamente el uso y manejo de los factores que intervienen en la humedad ambiental presente en cada fase

del ciclo biológico de las especies. Se corrobora esta afirmación en “Efectos del agua en el rendimiento de los cultivos” FAO serie Riego y Drenaje no. 33-1986.

La relación entre el rendimiento del cultivo y el suministro de agua puede determinarse cuando se pueden cuantificar, de una parte, las necesidades de agua del cultivo y los déficit de agua de éste, y de otra, el rendimiento máximo y real del cultivo. Los déficit de agua en el cultivo y la penuria de agua resultante en la planta, tienen un efecto sobre la Evapotranspiración del cultivo y el rendimiento de éste. Esto lleva implícito que uno de los factores climáticos que incide en el rendimiento es la lluvia (o su sustitución por el riego, cuando falte, o por el drenaje cuando esté en exceso), elemento que permite establecer diferentes situaciones en lo referido al pronóstico de cosecha lo que conlleva a considerar que la ecuación del índice de disminución del rendimiento (DR), puede introducirse en la etapa de planificación del ordenamiento integral de una región, zona, cuenca o área específica que permita la diversidad de usos y manejos de sus recursos naturales de suelo y agua, teniendo como rendimiento máximo para comparar el resultado del cálculo de la producción a alcanzar por el método de DeWit, que al relacionarlo con el valor porcentual de DR, se tendrá la producción a alcanzar en la zona en que se realiza el estudio de ordenamiento integral, ya que se plantea: “Se supone que se satisfacen las necesidades climáticas del cultivo y que no afectan a su desarrollo ni a su rendimiento potencial ( $Y_{mp}$ ), el agua, los nutrientes, la salinidad, las plagas o las enfermedades”. (FAO 1986)

Los rendimientos productivos de un cultivo dependen de sus características genéticas y por el grado de satisfacción en tiempo de sus exigencias naturales acorde a las condiciones específicas del lugar de ubicación. Entre las características genéticas del cultivo se encuentra el completamiento a su tiempo de las etapas biológicas (siembra – germinación, crecimiento vegetativo, floración, formación de cosecha, maduración - recolección), en los que la planta requiere de determinada cantidad de luz o de calor acumulado o bien de calorías asimiladas; debido a esta situación se impone la utilización de un método que permita establecer el grado de satisfacción de los requerimientos temporales en cada uno de ellos, para esto se utilizará el método de la sumatoria de temperaturas biológicamente activas (mayores de  $10^0\text{C}$ ) para el ciclo total teniendo en cuenta las particularidades específicas de cada etapa de la especie que se utilice.

Para el cálculo de los rendimientos unitarios existen varios métodos en los que se comparan los rendimientos con la Evapotranspiración (máxima o real) que ocurre en el lugar, otros se basan en las radiaciones que recibe la zona, en ambos casos se tiene en cuenta la forma en que los procesos vitales de las plantas intervienen en los rendimientos, tal es el caso de la Evapotranspiración que sirve de base para comparar los efectos de déficit de humedad del suelo sobre el rendimiento unitario.

En el caso de estudio se ha utilizado el método de la zona agroecológica establecido por la FAO en la obra citada y que fuera introducido por J. Doorenbos (1988), y que en un principio sirvió para una estimación continental, aunque el método se ajusta también para ser aplicado en localidades específicas, se basa en los estudios de DeWit y contempla un procedimiento de cálculo que, puede llevarse a vías de hecho sin grandes complicaciones tecnológicas.

Para calcular el rendimiento potencial ( $Y_{mp}$ ) los pasos necesarios son:

- a. Calcular la producción bruta de materia seca de un cultivo tipo ( $Y_o$ )

- b. Aplicar una corrección por especie de cultivo y temperatura
- c. Aplicar una corrección por el desarrollo del cultivo con el tiempo y por superficie foliar (cl)
- d. Aplicar una corrección por la producción neta de materia seca (cN)
- e. Aplicar una corrección por la parte cosechada (cH)

DeWitt (1965) considera un cultivo tipo a aquel que tiene abastecidas todas sus necesidades de suelo, clima y atenciones agronómicas, con una cobertura del área mayor del 90% de sus plantas, basándose en el nivel de radiaciones recibidas y asimiladas en la zona. Se calcula por:

$$Yos = Fy_o + (1 - F)y_c = \text{kg./ha/día}$$

Donde:  $Yos$  = Producción de Materia seca de un cultivo tipo

$$F = \text{Radiación recibida,} = (Rse - 0.5Rs) / 0.8 Rse$$

$Rse$  = Recepción máxima de radiaciones activas en días despejados en  $\text{cal/cm}^2/\text{día}$ . (Si se posee Evaporación  $\text{mm/día}$ , se puede determinar el valor de  $Rse$  si se conoce que  $59 \text{ cal/cm}^2 = 1 \text{ mm de Evaporación Equivalente}$ ) (Tabla 1)

$Rs$  = Recepción real recibida =  $(a + b \cdot n/N)Ra$  =  $(\text{cal/cm}^2/\text{día})$  donde:

$a$  y  $b$  = coeficientes de ajustes dados por las zonas climáticas de ubicación del cultivo, según los autores, los valores de ellos son:

Anstrong - Zona Tropical Húmeda	$a = 0.29$	$b = 0.42$
Seca	$a = 0.25$	$b = 0.55$

FAO. Estudio 33/79- General	$a = 0.25$	$b = 0.50$
-----------------------------	------------	------------

En este trabajo se utilizan los valores de Anstrong.

$N$  = Duración máxima del día (Posibles  $\text{hr/luz}$ ) (Tabla 2)

$n$  = Duración real del día ( $\text{hr/luz}$  registradas)

$Ra$  = Radiación extraterrestre  $\text{mm/día}$  (ver tabla 3)

$y_o$  = Tasa de producción bruta de materia seca de un cultivo tipo en una localidad dada, en un día completamente nublado,  $\text{kg./ha/día}$  (Ver tabla 1)

$y_c$  = Tasa de producción bruta de materia seca de un cultivo tipo en una localidad dada, en un día despejado (sin nubes),  $\text{kg./ha/día}$  (Ver tabla 1)

En la citada obra de la FAO, se presentan cuadros y tablas que se corresponden con las variables que conforman los componentes de las fórmulas de solución y están referidas a:

$Rse$ ,  $y_o$  y  $y_c$ , en Cuadro 3;  $Ra$ , Cuadro 10 (para latitudes entre  $0$  y  $40^\circ$ );

$N$ , mensual para latitudes de  $0$  a  $40^\circ$ .

En este trabajo se establecen nuevas formas de obtención de los valores de estas variables utilizando el método de extrapolación de valores y/o de curvas y gráficos que facilitan la ejecución de los cálculos para determinar la cantidad de materia seca que produce un cultivo y su aplicación en estudios detallados de ordenamiento agropecuario - forestal de una región dada en la etapa de planificación. Con esta adición valorativa del alcance de los diferentes indicadores climáticos, a través de las modificaciones introducidas, se puede establecer la relación suelo – clima con mayor precisión, pues se tomarían los valores de forma más cercana a los valores específicos de cada lugar.

Tabla. Recepción máxima de Radiaciones Activas de Onda Corta (Rse) cal/cm<sup>2</sup>/día.

Producción materia seca día nublado (yo) y día despejado (yc) Kg./ha/día.

Tasas de variación (Tv) por grado de latitud. Tomando Lat.30<sup>0</sup> como base de cálculo.

Deta lles	Lati tud	Norte	Ene	Feb.	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
		Sur	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
Rse (Cal/cm <sup>2</sup> /dia		30 <sup>0</sup> Tv	191 5.8	245 4.8	303 3.4	363 1.2	400 (-0.6)	417 (-1.7)	411 (-1.2)	384 0.2	333 2.4	270 4.3	210 5.4	179 5.9
Prod. Nubl (Kg/ha/día)		30 <sup>0</sup> Tv yo	137 3.3	168 2.5	200 1.5	232 0.3	251 (-0.5)	261 (-1.1)	258 (-0.9)	243 (-0.1)	216 1.0	182 3.1	148 3.0	130 3.4
Prod. Desp. (Kg/ha/día)		30 <sup>0</sup> Tv yc	281 5.3	333 3.8	385 2.2	437 0.2	471 (-1.1)	489 (-2.1)	483 (-1.8)	456 (-0.5)	412 1.3	356 3.1	299 4.9	26 5.6

Tabla. Duración máxima posible de la Insolación N (horas-luz).

Deta lles	Lati tud	Norte	Ene	Feb.	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
		Sur	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
30 <sup>0</sup> Latitud base			10.4	11.1	12.0	12.9	13.6	14.0	13.9	13.2	12.4	11.5	10.6	10.2
Tv hr <sup>0</sup> lat			0.06	0.04	0.00	(-0.03)	(-0.05)	(-0.07)	(-0.07)	(-0.04)	(-0.01)	0.02	0.06	0.07

Tabla. Radiación Extraterrestre Ra ( mm/día).

Latitud	Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Norte	Base 30 <sup>0</sup>	8.8	10.7	13.1	15.2	16.5	17.0	16.8	15.7	13.9	11.6	9.5	8.3
	TvRa	0.24	0.20	0.13	0.04	-0.02	-0.06	-0.05	0.02	0.09	0.17	0.21	0.24
Sur	Base 30 <sup>0</sup>	17.8	16.4	14.0	11.3	8.9	7.8	8.1	10.1	12.7	15.3	17.3	18.1
	TvRa	-0.05	0.01	0.10	0.17	0.21	0.22	0.23	0.19	0.12	0.05	-0.03	-0.07

Estas tablas se presentan para un rango de utilización entre 20<sup>0</sup> y 30<sup>0</sup> de latitud (Norte o Sur) que se corresponde con la ocupación en latitud de Cuba.

## Aplicaciones del método de las tasas de variación

Se introduce el indicador de la Tasa de variación (Tv) para cada factor a fin de facilitar la determinación de su valor para cualquier lugar comprendido entre el rango estudiado conociendo solamente su ubicación geográfica.

1. Se halla la diferencia entre la latitud base ( $30^0$ ) y la latitud del lugar de ubicación del área.
2. Se multiplica el valor obtenido por la Taza de variación (Tv) por cada una de las Tv en estudios
3. Se suma algebraicamente el valor obtenido en 2 con el valor base  $30^0$  y se obtiene el valor de cada mes para el lugar seleccionado.

Nota: Cuando la Tv, se hace negativa (-) indica que el valor en  $30^0$  disminuye en dirección a los  $20^0$  por lo que se convierte en una resta de valores la operación a ejecutar.

Ejemplo demostrativo. Lugar escogido ubicado en la latitud  $22^0$  N.

Determinar Rse - yo y yc para los meses de Marzo y de Mayo.

Procedimiento:

(1)-  $30$  menos  $22 = 8$  grados de diferencia en latitud.

(2)- Mes Marzo, Tv (Rse)= 3.4; Tv (yo)= 1.5; Tv (yc)= 2.2

Mayo, Tv (Rse)= -0.6; Tv (yo)= -0.5; Tv (yc)=-1.1

(3)- Cálculos para el mes de Marzo:

$8 \times 3.4 = 27.2$ ; se le suman 303 (Tabla 1) =  $330.2 = \text{Rse (cal/cm}^2/\text{día)}$  Ver nota (a)

$8 \times 1.5 = 12.0$ ; se le suman 200 (Tabla 1) =  $212.0 = \text{yo (Kg/ha/día)}$

$8 \times 2.2 = 17.6$ ; se le suman 385 (Tabla 1) =  $402.6 = \text{yc (Kg/ha/día)}$

Cálculos para el mes de Mayo:

$8 \times (-0.6) = -4.8$ ; se le suman 400 =  $395.2 = \text{Rse (cal/cm}^2/\text{día)}$

$8 \times (-0.5) = -4.0$ ; se le suman 251 =  $247.0 = \text{yo (Kg/ha/día)}$

$8 \times (-1.1) = -8.8$ ; se le suman 471 =  $462.2 = \text{yc (Kg/ha/día)}$

Notas: (a) En el estudio FAO citado, aparece en la página 12, el cuadro 3 sobre los valores de Rse, yo y yc. En el que se presentan los valores siguientes para estos meses y para una latitud de  $20^0$ .

Los que al aplicárseles el método, dan valores iguales a los presentados, validando su aplicabilidad. Cálculo del rendimiento del cultivo en cuestión, se realiza en dependencia del valor de Ym, reflejado en la tabla según la temperatura, que puede ser mayor o menor que 20 (Kg/ha/hr), por lo que la formulación matemática del cálculo se realiza por:

Para  $Y_m > 20$ ;  $Y_p = F(0.8 + 0.01Y_m)yo + (1-F)(0.5 + 0.025Y_m)yc = \text{Kg/ha/día}$

Para  $Y_m < 20$ ;  $Y_p = F(0.5 + 0.025Y_m)yo + (1-F)(0.05Y_m)yc = \text{Kg/ha/día}$

- Corrección por el desarrollo del cultivo con el tiempo y por superficie foliar (cL)

La máxima manifestación productiva de materia seca por un cultivo se logra cuando la relación de la cobertura vegetal y el área ocupada por la planta es de 5 a 1, es decir, que el cultivo cubre entre el 90 y el 100 % del área y puede realizar la mayor actividad biológica en dependencia de las condiciones naturales del lugar, pero como es conocido, el cultivo presenta una actividad biológica pequeña en sus primeros tiempos así como en su última etapa, por lo que en dependencia de la relación de cobertura se tendrá necesidad de una corrección al valor de la materia seca calculada que se observa en la siguiente tabla.

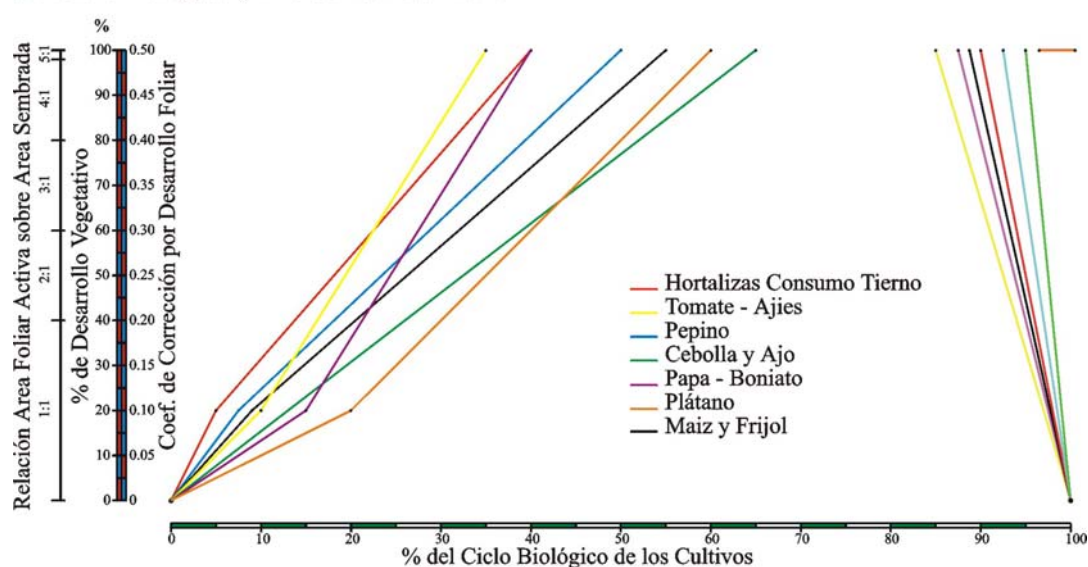


Tabla 5. Valor cL según la relación entre área foliar y área ocupada.

Superficie foliar activa/ Área ocupada	1	2	3	4	$\geq 5$
Coeficiente de corrección cL	0.2	0.3	0.4	0.48	0.5

Con todas las exigencias naturales abastecidas y con las actividades culturales bien ejecutadas, en los cultivos se cumplen en tiempo todas las fases del ciclo biológico cuestión que permite establecer un punto de comparación y diagnóstico y a la vez proporciona la forma para establecer el uso de cL con cierta certeza y precisión, es por ello que se confeccionan las “Curvas Teóricas para calcular la producción de materia seca según la fase en % del ciclo biológico y la cobertura del área”(León Coro, 1994) elaboradas a partir de diferentes períodos de observación y de encuestas realizadas entre productores agrícolas de diferentes zonas y en condiciones naturales muy cercanas a las óptimas para los cultivos estudiados

Curvas Teóricas para Calcular la Producción de Materia Seca según la fase en % del Ciclo Biológico y la Cobertura de Área.



- Corrección por producción neta de materia seca (cN)

Para mantener la producción de materia seca, la planta necesita energía para los procesos internos de desarrollo. Solo la energía remanente se puede usar para producir un nuevo crecimiento. Los valores que alcanza cN, se deben a las condiciones de temperatura en que se haya desarrollado el cultivo; si fueron frías ( $t^{\circ}\text{C}$  media menor de  $20^{\circ}\text{C}$ ),  $cN = 0.6$  y si fueron en condiciones cálidas, ( $t^{\circ}\text{C}$  superiores a  $20^{\circ}\text{C}$ ),  $cN = 0.5$

- Corrección por la parte cosechada (cH)

Según el cultivo y la parte del mismo que constituye la parte efectiva de la cosecha; cH alcanza un valor determinado, es decir que la relación entre la materia seca total neta y el rendimiento cosechado viene dada por este indicador para variedades de alta producción bajo riego.

Tabla. Valores de cH de variedades de alta producción, bajo riego (base del peso seco)

Cultivos representativos y parte cosechada	cH
Frijol (granos), Maní (Grano), Tomate (Fruto), Hortalizas carnosas (Fruto), Plátano (Fruto)	0.25 - 0.35
Col (Repollo), papa (Tuber.), Boniato (Tuber), Malanga (Tuber), Yuca (Raíz)	0.55 - 0.65
Maíz (Grano), Guisante (Grano), Sorgo (Grano), Soya (Grano), Remolacha (Azuc), Trigo (Grano)	0.30 - 0.40
Algodón (Hilaza)	0.08 - 0.12
Cebolla (Bulbo), Hortalizas (Hojas)	0.70 - 0.80
Pimiento (Fruto)	0.20 - 0.40
Piña (Fruto), Tabaco (hoja), Ajo (Bulbo)	0.50 - 0.60
Arroz (Grano)	0.40 - 0.50
Caña (Azúcar), Girasol (Semilla)	0.20 - 0.30

En resumen, el rendimiento Ypm de una variedad de alta producción para todo el ciclo, se calcula por:

$$Y_{pm} = cL \times cN \times cH \times \text{Días} \times Y_p = \text{Kg/ha/ciclo.}$$

$Y_p$  = Calculado en Corrección por especie de cultivo y temperatura.

Días = Se refiere a la cantidad de días del ciclo biológico del cultivo.

Como ejemplo demostrativo, se establece la secuencia de cálculo necesaria para estimar el Rendimiento Máximo Posible de un cultivo para una zona de ubicación determinada.

Datos: Cultivo: Papa – Fecha de Siembra 1 Nov. – Ciclo 110 días;

Ubicación Lat. 22.5° N;  $t^{\circ}\text{C}$  (media diaria) = 23° C - Tropical Húmeda.

Insolación media diaria: (n) Nov.=7.5; Dic. 7.5; Ene. 7.7; Feb. 8.0 horas luz/día.

Primer paso: Cálculo del Rendimiento Máximo Potencial (Método de De Wit).

a. Cálculo de  $F = (R_{se} - 0.5R_s) / 0.8R_{se}$

$$1. \text{ Lat. } 30^{\circ} \text{ menos Lat. Ubicación} = 30^{\circ} - 22.5^{\circ} = 7.5^{\circ}$$

$$T_v = \text{Nov. } 5.4; \text{ Dic. } 5.9; \text{ Ene. } 5.8; \text{ Feb. } 4.8 \text{ cal/cm}^2/\text{día} \quad (\text{Tabla 1})$$

$$2. \text{ Nov.} = 5.4 \times 7.5 = 40.5; \text{ Dic.} = 5.9 \times 7.5 = 44.3; \text{ Ene.} = 5.8 \times 7.5 = 43.5; \text{ Feb.} = 4.8 \times 7.5 = 36.0$$

$$3. R_{se30} = \text{Nov.} = 210; \text{ Dic.} = 179; \text{ Ene.} = 191; \text{ Feb.} = 245 \text{ cal/cm}^2/\text{día} \quad (\text{tabla 1})$$

$$R_{se22.5} = \text{Nov.} = 250.5; \text{ Dic.} = 223.3; \text{ Ene.} = 234.5; \text{ Feb.} = 281.0 \text{ cal/cm}^2/\text{día} \quad (\text{calculado})$$

$$N_{30} = \text{Nov.} = 10.6; \text{ Dic.} = 10.2; \text{ Ene.} = 10.4; \text{ Feb.} = 11.1 \text{ horas luz/día} \quad (\text{tabla 2})$$

$$T_{vN} = \text{Nov.} = 0.06; \text{ Dic.} = 0.07; \text{ Ene.} = 0.06; \text{ Feb.} = 0.04$$

$$N_{22.5} = \text{Nov.} = 11.0; \text{ Dic.} = 10.7; \text{ Ene.} = 10.9; \text{ Feb.} = 11.4 \text{ horas luz/día} \quad (\text{calculado})$$

$$n/N = \text{Nov.} = 0.68; \text{ Dic.} = 0.70; \text{ Ene.} = 0.73; \text{ Feb.} = 0.70$$

$$Ra_{30} = \text{Nov.} = 9.5; \text{ Dic.} = 8.3; \text{ Ene.} = 8.8; \text{ Feb.} = 10.7 \text{ mm/día} \quad (\text{tabla 3})$$

$$Tv_{Ra} = \text{Nov.} = 0.21; \text{Dic.} = 0.24; \text{Ene.} = 0.24; \text{Feb.} = 0.20$$

$$Ra_{22.5} = \text{Nov.} = 11.1; \text{Dic.} = 10.1; \text{Ene.} = 10.6; \text{Feb.} = 12.2 \text{ mm/día (calculado)}$$

$$\text{Calculando } Rs_{22.5} = (a + b \cdot n/N)Ra = \text{mm/día o cal/cm}^2/\text{día; donde: } a = 0.29; b = 0.42$$

$$\text{Nov.} = (0.29 + 0.42 \times 0.68)(11.0) = 6.38 \text{ mm/día} = 376.4 \text{ cal/cm}^2/\text{día}$$

$$\text{Dic.} = 6.25 = 368.7; \text{Ene.} = 6.32 = 373.1; \text{Feb.} = 6.66 = 392.8 \text{ mm/día} = \text{cal/cm}^2/\text{día}$$

$$\text{Calculando } F = (Rse - 0.5 Rs)/0.8 Rse. = \text{Nov.} = (250.5 - 0.5(376.4))/200.4 = 0.31.$$

$$\text{Dic.} = 0.2; \text{Ene.} = 0.26; \text{Feb.} = 0.38.$$

Como se aprecia, el valor de F es determinante para el cálculo, posee la propiedad de corresponder a factores climáticos zonales, por lo que será constante para un mismo lugar en el periodo de tiempo en que se utiliza, esta propiedad se detallará a manera de ejemplo aplicado en un territorio.

b. Cálculo de la producción máxima de materia seca  $Yos = Fyo + (1-F)yc = \text{kg/ha/día}$ .

$$Yo_{30} = \text{Nov.} = 148.0; \text{Dic.} = 130.0; \text{Ene.} = 137.0; \text{Feb.} = 168.0 \text{ kg/ha/día (tabla 1)}$$

$$Tv_{yo} = \text{Nov.} = 3.0; \text{Dic.} = 3.4; \text{Ene.} = 3.3; \text{Feb.} = 2.5$$

$$Yo_{22.5} = \text{Nov.} = 170.5; \text{Dic.} = 155.5; \text{Ene.} = 161.8; \text{Feb.} = 186.8$$

$$Yc_{30} = \text{Nov.} = 299.0; \text{Dic.} = 269.0; \text{Ene.} = 281.0; \text{Feb.} = 333.0 \text{ Kg/ha/día (Tabla 1)}$$

$$Tv_{yc} = \text{Nov.} = 4.9; \text{Dic.} = 5.6; \text{Ene.} = 5.3; \text{Feb.} = 5.8$$

$$Yc_{22.5} = \text{Nov.} = 335.8; \text{Dic.} = 311.0; \text{Ene.} = 320.8; \text{Feb.} = 376.5 \text{ kg/ha/día (Calculado)}$$

$$Yos = \text{Nov.} = 284.5 \text{ kg/ha/día} \times 30 \text{ días} = 8535.1 \text{ kg/ha/mes}$$

$$\text{Dic.} = 276.8 \quad \times 31 \text{ días} = 8580.8$$

$$\text{Ene.} = 279.5 \quad \times 31 \text{ días} = 8664.3$$

$$\text{Feb.} = 304.4 \quad \times 18 \text{ días} = 5479.7$$

$$\text{Sumatoria} \quad 110 \text{ días} = 31259.9 \text{ kg/ha/ciclo.}$$

Segundo Paso: Integración de coeficientes de ajustes propios del cultivo y del lugar

a. Calculando el Rendimiento específico bruto del cultivo ( $Yp$ )

Tasa de producción según la temperatura media del lugar = 15 kg/ha/hora ( $Ym$ )

$$Yp = F(0.5 + 0.025Ym)Yo + (1-F)(0.05Ym)Yc = \text{kg/ha/día.}$$

$$Yp \text{ Nov.} = 0.31(0.5 + 0.025(15)) \times 170.5 + 0.69(0.05 \times 15)335.8 = 46.2 + 173.8 = 220.0$$

$$\text{Nov.} = 220.0 \text{ kg/ha/día} \times 30 \text{ días} = 6600 \text{ kg/ha/mes}$$

$$\text{Dic.} = 212.0 \quad 31 = 6572$$

$$\text{Ene.} = 214.8 \quad 31 = 6660$$

$$\text{Feb.} = 237.0 \quad 8 = 4266$$

$$\text{Sumatoria} \quad 110 \text{ días} = 24098 \text{ kg/ha/ciclo}$$

## b. Estableciendo el coeficiente de desarrollo foliar del cultivo (cL)

Se enmarca para cada mes el porcentaje del ciclo biológico del cultivo, y se toma el valor que se corresponda; con este % en el gráfico de “Curvas teóricas para calcular la producción de Materia Seca”, se tendrá:

Nov. = 30 días = 27.3 % del ciclo, igual acumulado; cL = 0.3 ( ver tabla 5)

Dic. = 31 días = 28.2 % del ciclo, acumulado = 55.5%; cL = 0.5

Ene. = 31 días = 28.2 % del ciclo, acumulado = 83.7%; cL = 0.5

Feb. = 18 días = 16.3 % del ciclo, acumulado = 100 %; cL = 0.05

## c. Coeficiente de corrección por cosecha (cH) = 0.55

## d. Coeficiente de producción neta (cN) = 0.5

e. Cálculo de la producción neta posible =  $cL \times cH \times cN \times \text{días} \times Yp = \text{kg/ha/ciclo}$ 

Dado que la aplicación de cL, se realiza por etapas y su resultado está relacionado con cada período debido al desarrollo foliar y su relación con el área ocupada, se procede a su aplicación en cada mes del ciclo biológico del cultivo:

Nov. =  $0.3 \times 220 = 66.0 \text{ kg/ha/día} \times 30 \text{ días} = 1980.0 \text{ Kg/ha/mes}$

Dic. =  $0.5 \times 212 = 106.0 \quad \times 31 = 3286.0$

Ene. =  $0.5 \times 214.8 = 107.4 \quad \times 31 = 3329.4$

Feb. =  $0.05 \times 237.0 = 11.8 \quad \times 18 = 212.4$

Sumatoria 8807.8

Introduciendo  $cN \times cH = 0.5 \times 0.55 \times 8807.8 = 2322.1 \text{ kg/ha/} = \text{Producción Neta Potencial para la zona de ubicación del cultivo.}$

Del ejemplo anterior se infieren las siguientes apreciaciones:

1. Se consideran abastecidas todas las necesidades del cultivo en lo referido al suelo, nutrición y atenciones culturales, tomando los resultados como para el cultivo tipo de referencia para la comparación productiva, es decir se analiza la influencia del clima y de los componentes de sus variables dándole una mayor incidencia productiva que al resto de los factores.
2. No establece la posibilidad de conocer las exigencias del cultivo en cuanto a la humedad presente y su dinámica en el tiempo, lo que obliga a una combinación del método con la determinación de la Evapotranspiración para vincular el elemento agua a través de las manifestaciones biológicas y sus resultados productivos de manera que se puedan establecer comparaciones y análisis más detallados y cuantificables.

Teniendo en cuenta la incidencia de la radiación diaria en la obtención de los resultados, el método permite establecer modificaciones que hagan más ágil su aplicación aunque se corre el riesgo de tener menos precisión en sus informaciones; sin embargo, durante el proceso de planeamiento para el ordenamiento territorial, puede ser de mucha utilidad para pronosticar los rangos productivos en los que se manifestará el cultivar estudiado.

Los datos necesarios para calcular la evapotranspiración zonal son la evaporación media en cubeta (Epan en mm/día), los valores registrados de la humedad relativa media (RH en %) y el recorrido medio del viento (Km/día) e información sobre si la cubeta está rodeada de zona cultivada o de barbecho seco.

La Evapotranspiración del cultivo de referencia (Evto) se obtiene mediante la fórmula:

$$\text{Evto} = k_{\text{pan}} * \text{Epan} \quad \text{Donde:}$$

Epan = Evaporación en mm/día en un Evaporímetro de cubeta clase A

kpan = Coeficiente de cubeta (Si está colocado sobre campo cubierto y verde = 0.6 – 0.85      práctico 0.75

Sobre barbecho seco = 0.4 – 0.8      práctico 0.65 en condición de Cuba)

Sobre la evaporación media anual que se sucede, existen mapas de isolíneas que permiten conocer del fenómeno de forma global y por períodos de análisis confiables dado su tiempo de recogida y procesamiento de datos, teniendo esto en cuenta, se determinó la Evapotranspiración potencial para la provincia de Pinar del Río, (León Coro 1997) como forma de generalización de uso de esta importante información, que tiene como base las series cronológicas registradas en 8 estaciones meteorológicas distribuidas a todo lo largo y ancho de la provincia todas con mas de 20 años de control permanente. Además se delimitan las áreas de influencia de cada estación como aporte para el uso zonal de sus datos.

La evapotranspiración máxima de un cultivo, relacionada con la Evto, será igual a  $\text{Evtm} = K_b * \text{Evto}$

Siendo Kb el coeficiente biológico del cultivo según la fase biológica por la que transite.

El coeficiente biológico del cultivo es uno de los integrantes de la fórmula de cálculo y que se corresponde con el desarrollo vegetativo de los cultivos.

Tabla . Coeficiente biológico (Kb) de algunos cultivos económicos

Cultivos	Ciclo días	Kb en función del % del ciclo biológico que presente el cultivo											Kb global
		inicio	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
maíz tiern	90	0.44	0.45	0.51	0.62	0.72	0.85	0.96	1.0	1.0	0.96	0.91	0.75
“ grano	120	0.44	0.47	0.60	0.76	0.90	0.99	1.01	0.95	0.85	0.70	0.61	0.75
Tab.n.sol	85	0.45	0.54	0.61	0.66	0.69	0.70	0.68	0.60	0.56	0.46	0.40	0.60
Tab.n.tap.	85	0.45	0.51	0.57	0.61	0.64	0.65	0.63	0.58	0.50	0.41	0.35	0.55
Plat.fomen	360	0.45	0.51	0.48	0.59	0.78	0.87	0.89	0.87	0.92	0.91	0.91	0.75
Plat.establ	Años	0.91	0.92	0.79	0.78	0.78	0.80	0.85	0.88	0.86	0.88	0.88	0.85
Papa	90	0.39	0.44	0.52	0.69	0.85	0.94	1.00	1.01	1.01	0.91	0.90	0.80
Malanga	270	0.48	0.49	0.58	0.68	0.61	0.48	1.04	1.19	1.28	1.23	0.98	0.80
Boniato	150	0.43	0.44	0.52	0.61	0.71	0.78	0.77	0.79	0.69	0.66	0.65	0.65
Aji-pimient	120	0.32	0.39	0.52	0.79	0.98	1.00	0.98	0.85	0.68	0.55	0.40	0.70
col-tomate	140	0.32	0.36	0.59	0.83	1.00	1.09	1.08	0.96	0.71	0.46	0.30	0.70
berenjena	160	0.31	0.38	0.58	0.82	0.98	1.06	1.06	0.94	0.74	0.50	0.30	0.70
cebolla ajo													
Pepino	70	0.50	0.56	0.62	0.71	0.80	0.87	0.88	0.85	0.81	0.79	0.69	0.75
Melón	120	0.51	0.51	0.59	0.71	0.82	0.88	0.89	0.87	0.82	0.79	0.77	0.75

Calabaza	130	0.53	0.53	0.59	0.61	0.71	0.78	0.79	0.74	0.70	0.68	0.66	0.65
Frijol verd	90	0.38	0.40	0.51	0.71	0.91	0.99	0.98	0.88	0.67	0.40	0.31	0.65
Frijol sec	120	0.32	0.38	0.44	0.71	0.96	1.03	1.01	0.91	0.69	0.39	0.26	0.65
Otras hort	Var.	0.30	0.40	0.52	0.66	0.75	0.79	0.80	0.74	0.64	0.50	0.35	0.60

Con los elementos presentados, se puede realizar la fase de planificación del uso y manejo de los recursos de suelo y agua acorde con las exigencias naturales del cultivo y además establecer la guía necesaria para la ubicación en tiempo y espacio a cada una de las especies ya que se señala el momento de la siembra y el lugar en donde recibirá la mejor oferta de las condiciones naturales en las que se desarrollaran.

Óptimos productivos de cada cultivo sobre la base de la Categoría agroproductiva de los suelos.

Cultivo evaluado	Tipo de Suelo		Cultivo evaluado	Tipo de Suelo	
	I	II		I	II
Plátano Vianda	17.0	12.7	Pimiento	12.2	8.1
Malanga Blanca	15.8	13.6	Cebolla	24.1	17.4
Boniato	19.1	13.6	Ajo	3.8	2.7
Papa	23.4	17.6	Col	27.0	19.0
Frijol y Soya	4.5	1.7	Tomate	27.6	20.8
Fruta Bomba	33.8	19.5	Melón	16.7	12.7
Mango	25.4	18.6	Pepino	17.7	12.8
Guayaba	8.7	6.5	Calabaza	13.5	10.2
Café	1.0	0.6			

Los rendimientos potenciales relacionados se refieren a Tm/ha, posibles a lograr con todas las necesidades de agua fertilización y atenciones culturales satisfechas, es decir, desde la época de siembra seleccionada para cada cultivo considerada como óptima hasta la manipulación de la cosecha con todas las medidas en transportación y embalaje, téngase en cuenta que, considerando el sistema de valoración establecido en las instituciones y organismos productores agropecuarios del país, se emplea Quintales por Caballería. Se tiene las conversiones siguientes:

1Tm/ha = 13.4 Tm/Cab. = 290 QQ/Cab., por ejemplo, en plátano, se alcanzarían 4930 QQ/Cab. Para suelo de categoría agroproductiva I y 3683 para suelo II.

Como puede observarse son cifras alcanzables y que conjugando los factores climáticos en su relación con el suelo, se puede tener un pronóstico más cercano a la realidad productiva de cada lugar, todo esto pone de manifiesto el importante papel del ordenamiento de los territorios y de la ayuda que prestaría la utilización del algoritmo metodológico aquí descrito y que puede corroborarse en todas las circunstancias y condiciones productivas.

En la tabla anterior sólo se relacionan las categorías agroproductivas I y II, ya que son las que proporcionan rendimientos que sobrepasa el 50% del potencial productivo de las variedades y que constituyen límites a alcanzar en el logro del tránsito hacia la sostenibilidad de nuestros sistemas productivos agropecuarios y forestales y que al mismo tiempo permite establecer las medidas necesarias para la conservación, cuidado y recuperación del medio en que se ubican.

### 7.3.1.2 Validación del modelo propuesto en la ecuación Disminución del Rendimiento (DR)

Como antecedentes del trabajo realizado, se puede establecer el inicio de este estudio en 1986, fecha en la que se prevé un incremento en las disponibilidades de técnicas para el riego que se dedicarían a los cultivos de viandas, hortalizas y granos teniendo como premisas un aumento sustancial de los rendimientos de estos cultivos con vistas a elevar la oferta en el mercado y ampliar las opciones de consumo en el pueblo, surge el protocolo de investigación denominado Planeamiento Agrícola Zonal con vistas al autoabastecimiento municipal en Viandas, Hortalizas y granos. De los estudios previos realizados de los municipios de la provincia, y en correspondencia con las características edáficas e hidráulicas que poseían, se escogen las áreas de estos cultivos ubicadas en el municipio Minas, ya presenta características zonales bien diferenciadas de suelo y clima para así poder establecer la influencia conjugada de ambos factores en los resultados que se obtengan, ya en 1987 se inicia el trabajo de campificación y ubicación de sistemas de riego por aspersión de media presión en las tierras del lote de viandas de la Empresa Municipal Agropecuaria (EMA) Minas, siendo su director el Ing. José Luis Chang Suárez y del Co. Caridad Herrera, Jefe del Lote. Se establecieron pequeñas áreas para la medición de los parámetros escogidos y se señalaron las necesidades a satisfacer en cada caso, siguiendo el patrón siguiente:

- 1- Siembras escalonadas en tiempo para las parcelas escogidas en similares tipos de suelo, siendo las siembras simultáneas en las de diferentes tipo de suelo,
- 2- Se le aplicarían todas las actividades establecidas en las cartas tecnológicas en todos los casos.
- 3- La interacción del clima se tendría a partir de la entrega de agua que reciba el cultivo, es decir, la suma de la lluvia más el riego en cada caso, así:  
Clima I = 85-90% del agua necesaria; Clima II= 65 - 80%; Clima III = 50 - 65 %; y  
Clima IV= menos del 50% del agua necesaria.
- 4- Los datos climáticos serían obtenidos de las estaciones meteorológicas de Minas y de las de Hidroeconomía ubicadas en la zona del río Cuyaguateje.

Lamentablemente los datos recogidos no abarcaron todos los cultivos en forma de poder aplicar métodos de análisis y correlación y solamente se referirán al cultivo plátano y unos pocos datos aceptables sobre malanga, no obstante las informaciones globales entregadas permiten establecer criterios positivos acerca de los resultados que ponen de manifiesto las posibilidades de aplicación del modelo que se valida e induce hacia el perfeccionamiento del método partiendo de la experiencia obtenida. En general los datos históricos sobre el rendimiento de los cultivos analizados, comparados con los resultados de mejor comportamiento en los años de experimento, avalan positivamente la actividad realizada.

- Rendimiento medio anual histórico en la zona en ambos sectores.(Estatat y Privado)

Malanga Blanca = 618. Qq/cab. = 46. Qq/ha = 2.1 ton/ha

Plátano Burro Censa 2769 Qq/cab = 206.3 Qq/ha = 9.5 Tn/ha (Solo tres años)

Rendimiento Máximo logrado en el quinquenio 1986 - 1990 del área total cosechada

Viandas - Campaña 89-90 = 1450 Qq/Cab = 108 Qq/ha = 5 ton/ha

Hortalizas - Campaña 87-88 = 1950 Qq/Cab = 145.3 Qq/ha = 6.7 ton/ha

Granos - Campaña 89 -90 = 170 Qq/Cab = 12.7 Qq/ha = 0.6 ton/ha.

Los resultados de los tres años controlados en el lote en estudio, arrojaron los siguientes rendimientos:

Cultivos Cosechado	1988		1989		1990		Promedio Anual	
	Qq/cab	Ton/ha	Qq/cab	Ton/ha	Qq/cab	Ton/ha	Qq/cab	T/ha
Viandas	515	1.77	1776	6.10	1182	4.05	1158	3.97
Boniato	325	1.11	724	2.48	530	1.81	526	1.80
Malanga	667	2.28	1127	3.87	408	1.40	734	2.52
Yuca	671	2.29	1437	4.93	2137	7.33	1415	4.85
Plátano V.	460	1.56	4942	16.95	2904	9.96	2769	9.50
Hortalizas	86	0.30	900	3.09	448	1.54	478	1.64
Tomate	100	0.35	1062	3.64	289	0.99	484	1.66
Cebolla	----	----	----	----	500	1.72	500	1.72
Pimiento	----	----	1500	5.15	2600	8.92	2050	7.03
Calabaza	50	0.17	----	----	51	0.17	50	0.17
Pepino	200	0.69	150	0.51	266	0.91	205	0.70
Melón	----	----	----	----	1500	5.15	1500	5.15
Col	----	----	3288	11.28	3067	10.52	3178	10.90
Otros	----	----	384	1.32	881	3.02	632	2.17
Granos	156	0.54	193	0.66	476	1.63	275	0.94
Maíz	----	----	315	1.08	817	2.80	566	1.94
Frijol	233	0.80	79	0.27	101	0.35	138	0.47

Comparando los resultados entre los rendimientos generales municipales y los alcanzados en el lote, se puede observar que en los períodos de mayores resultados productivos, los correspondientes al lote, durante el tiempo de observaciones, son superiores a la media del rendimiento alcanzado, excepto en Hortalizas cuya información permitió establecer nuevos análisis logrando un salto alentador durante la campaña siguiente a la mejor de este genérico al lograr incrementar 10 veces lo logrado, dando para ese período valores superiores a la media alcanzada en el territorio.

Valores productivos obtenidos:

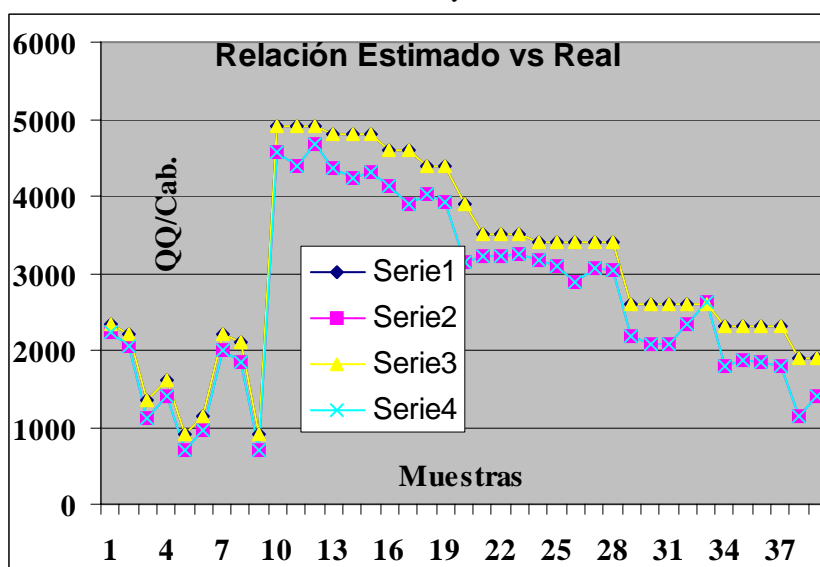
Cultivo Estudio	Fecha de Siembra	Combinación Cl x Sy	Rendimientos Qq / Cab.		% de Disminución del Rendimiento		
			Estimado	Alcanzado	Rango Estim.	Media Estim.	Real Alcanz.
Malanga	Mayo	Cl <sub>1</sub> S <sub>1</sub>	2350	2230	0.00 - 5.00	2.50	5.11



	Mayo	Cl <sub>1</sub> S <sub>II</sub>	2200	2050	5.00 - 10.00	7.50	6.80
	Mayo	Cl <sub>2</sub> S <sub>III</sub>	1350	1120	15.50- 22.20	18.85	17.10
	Mayo	Cl <sub>1</sub> S <sub>III</sub>	1600	1390	10.00- 15.50	12.75	13.10
	Mayo	Cl <sub>4</sub> S <sub>III</sub>	900	690	22.20- 30.00	26.10	23.40
	Abril	Cl <sub>3</sub> S <sub>III</sub>	1150	970	15.50- 22.20	18.85	15,70
	Marzo	Cl <sub>2</sub> S <sub>I</sub>	2200	1995	5.00 ' 10.00	7.50	9.40
	Marzo	Cl <sub>2</sub> S <sub>II</sub>	2100	1850	10.00- 15.50	12.75	11.90
	Marzo	Cl <sub>4</sub> S <sub>III</sub>	900	710	22.20- 30.00	26.10	21.20
Plátano Censa ¾ Áreas de pequeña super - ficie	Mayo	Cl <sub>1</sub> S <sub>I</sub>	4900	4572	0.00 - 5.00	2.50	6.7
	Marzo	Cl <sub>1</sub> S <sub>I</sub>	4900	4380	0.00 - 5.00	2.50	10.70
	Oct.	Cl <sub>1</sub> S <sub>I</sub>	4900	4680	0.00 - 5.00	2.50	4.50
	Mayo	Cl <sub>2</sub> S <sub>II</sub>	4800	4372	10.00- 15.50	12.75	9.90
	Mayo	Cl <sub>2</sub> S <sub>II</sub>	4800	4230	10.00- 15.50	12.75	11.90
	Marzo	Cl <sub>2</sub> S <sub>II</sub>	4800	4323	10.00- 15.50	12.75	10.00
	Marzo	Cl <sub>3</sub> S <sub>II</sub>	4600	4125	10.00- 15.50	12.75	10.40
	Marzo	Cl <sub>3</sub> S <sub>II</sub>	4600	3885	10.00- 15.50	12.75	15.60
	Mayo	Cl <sub>2</sub> S <sub>III</sub>	4400	4035	10.00- 15.50	12.75	8.30
	Oct.	Cl <sub>2</sub> S <sub>III</sub>	4400	3935	10.00- 15.50	12.75	10.60
	Oct.	Cl <sub>3</sub> S <sub>III</sub>	3900	3140	15.50- 22.20	18.85	19.50
Platano Burro Censa	Marzo	Cl <sub>1</sub> S <sub>I</sub>	3500	3230	0.00 - 5.00	2.50	7.80
	Mayo	Cl <sub>1</sub> S <sub>I</sub>	3500	3215	0.00 - 5.00	2.50	8.20
	Julio	Cl <sub>1</sub> S <sub>I</sub>	3500	3255	0.00 - 5.00	2.50	7.00
	Marzo	Cl <sub>1</sub> S <sub>II</sub>	3400	3160	5.00 - 10.00	7.50	7.10
	Mayo	Cl <sub>1</sub> S <sub>II</sub>	3400	3100	5.00 - 10.00	7.50	8.80
	Mayo	Cl <sub>1</sub> S <sub>II</sub>	3400	2880	5.00 - 10.00	7.50	15.30
	Mayo	Cl <sub>1</sub> S <sub>II</sub>	3400	3066	5.00 - 10.00	7.50	9.80
	Julio	Cl <sub>1</sub> S <sub>II</sub>	3400	3045	5.00 - 10.00	7.50	10.40
	Mayo	Cl <sub>3</sub> S <sub>III</sub>	2600	2180	15.50- 22.20	18.85	16.20
	Mayo	Cl <sub>3</sub> S <sub>III</sub>	2600	2072	15.50- 22.20	18.85	20.30
	Mayo	Cl <sub>3</sub> S <sub>III</sub>	2600	2070	15.50- 22.20	18.85	20.30
	Mayo	Cl <sub>3</sub> S <sub>III</sub>	2600	2350	15.50- 22.20	18.85	9.60
	Julio	Cl <sub>3</sub> S <sub>III</sub>	2600	2615	15.50- 22.20	18.85	0.00
	Marzo	Cl <sub>4</sub> S <sub>III</sub>	2300	1798	22.20- 30.00	26.10	21.80
	Marzo	Cl <sub>4</sub> S <sub>III</sub>	2300	1860	22.20- 30.00	26.10	19.10
	Mayo	Cl <sub>4</sub> S <sub>III</sub>	2300	1850	22.20- 30.00	26.10	19.60
	Mayo	Cl <sub>4</sub> S <sub>III</sub>	2300	1803	22.20- 30.00	26.10	21.60
	Mayo	C <sub>1</sub> S <sub>IV</sub>	1900	1150	30.00- 39.80	34.90	39.50
	Mayo	Cl <sub>1</sub> S <sub>IV</sub>	1900	1400	30.00- 39.80	34.90	22.30

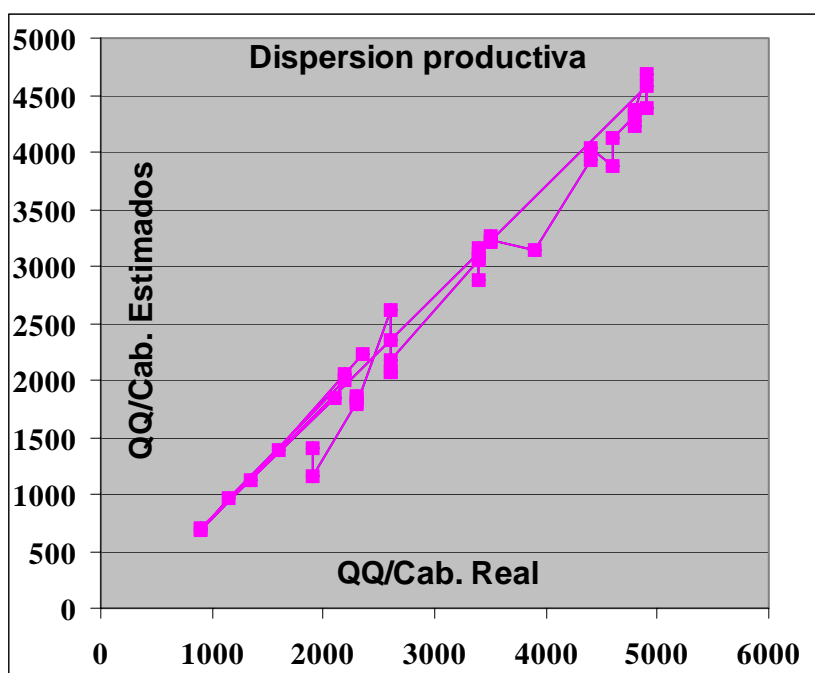
El análisis de los datos relacionados , en los que se correlacionan todos los elementos entre los valores estimado vs alcanzados, tiene como resultado comprobatorio la ecuación de correlación lineal que permite vincular los rendimientos con las condiciones naturales del lugar en función de satisfacer en un determinado porcentaje las necesidades que el cultivo requiera para alcanzar una producción predecible.

Los gráficos representan las relaciones entre las producciones pronosticadas y las alcanzadas, los que tienen una tendencia marcadamente similar en sus trayectorias.



Conclusiones a que se arriban de la información procesada:

- La valoración responde a la características de alta correlación entre las estimaciones productivas establecidas y el real alcanzado de ahí el elevado valor estadístico final de cada una de las muestras analizadas
- Con relación al cultivo, tanto el suelo como el clima al combinarse pueden indicar la posible satisfacción de las exigencias naturales que presente éste y pronosticar el rango de valores a presentarse en el rendimiento.
- Existe una correspondencia lineal entre las categorías de suelo y clima con respecto al rendimiento de los cultivos plantados en el lugar en que se presentan las características representativas de estas categorías. Como se observa en la gráfica siguiente.
- Las combinaciones con categorías bajas extremas ( $Cl_4$  o  $S_4$ ), no mantienen un rango estable sobre el posible rendimiento a considerar pudiendo ser significativas las diferencias que se presentan con el valor medio que se establezca para el caso a predecir por lo que carecen de interés productivo



La correlación que presentan los valores estimados con respecto a los alcanzados, se puede representar por la ecuación lineal siguiente  $Y = 0.949x - 214.8$ ; el valor de  $r = 0.93$  para  $p > 0.001$ , lo que la hace aceptable para su utilización en la corrección de valores plan que se originen para condiciones similares.

Lo anterior permite considerar que la relación Clima - Suelo, representada en la ecuación  $DR = \log CN - 1$ , puede ser utilizada en la fase de pronóstico en Estimación de Tendencias y en la fase propositiva en la Construcción de escenarios alternativos. Esto permitirá una toma de decisión más acertada y por ende, de mejor relación económica y con mayor grado de sustentabilidad ecológica.

### 7.3.2. Estudio de caso: Ordenación agronómica del Municipio Minas.

El municipio de Minas, ocupa parte de la cordillera de los órganos en el centro norte de la provincia de Pinar del Río, llegando hasta la porción de costa comprendida entre la desembocadura de los ríos Bajos y Pan de Azúcar en el litoral norte. Geomorfológicamente se estructura con una llanura costera estrecha, con un ancho medio de 3,5 Km, desde la pre montaña a la costa, en tramos pantanosa y formada por suelos mayoritariamente Ferralíticos rojos lixiviados, con pendientes variables y surcada por numerosos ríos y arroyos que le confieren una forma parcelada entre cauces, hacia el centro se ubican elevaciones esquistosas de areniscas y serpentinas que no sobrepasan los 200 m (snmm) formando colinas a todo lo largo del municipio, hacia el sur y oeste, aparecen formaciones rocosas y mogotes carsicos que le confieren un peculiar paisaje formando valles intramontanos de gran utilidad agrícola y pecuaria y cuyos suelos en su mayoría son rojos muy fértiles y profundos, siendo en esta zona la ubicación del cauce principal del río Cuyaguatzeje el que posee en este municipio poco mas de un cuarto de su cuenca hidrográfica con numerosos afluentes que lo alimentan.

Este municipio se caracteriza por la incidencia minera en su economía, por la repoblación forestal que ha realizado y por el uso diversificado de sus valles en cultivos agrícolas de suma importancia para la economía de la provincia. Debido a su geomorfología, y al análisis de los factores climáticos conjugados con la distribución de

las series de suelos predominantes, el territorio se divide en tres zonas: Norte - Centro y Sur del municipio, lo que permite una diferenciación del uso de la tierra como parte del ordenamiento integral y una guía para lograr elevar los rendimientos unitarios de los cultivos que se propongan.

### Zona Sur.

Ocupa la franja comprendida entre las alturas de pizarra que limitan al municipio y a la cuenca del río Cuyaguateje (Cabecera ) Cabezas - Sumidero San Carlos y las tierras de las canteras, Picapica y parte de Gramales y los Quemados. Las formaciones de mogotes y los valles intra montanos caracterizan el paisaje en esta zona.- Según la Clasificación Genética de los suelos, predominan en la zona los siguientes suelos agrícolas:

II y 10<sub>2</sub>  $\frac{p^1h^3}{lg}$  120 t<sub>5</sub> = Ferralítico rojo, poco lixiviado, esquistos o pizarras Cuarcítico - micáceos como material basal, medianamente desaturado (40-75%), muy profundo (120 cm), humificado ( 2.0-4.0%), loam arcillo - arenoso, Ondulado con pendientes entre 4.1 y 8 %.

II y 6<sub>1</sub>  $\frac{p^1h^3}{f}$  120 t<sub>5</sub> = Ferralítico rojo, poco lixiviado, caliza dura como material basal, fuertemente desaturado (< 40%), muy profundo (120 cm), medianamente humificado (s.-4.0%), loam arcillo arenoso, ondulado con pendiente entre 4.1-y 8%.

II y 6<sub>2</sub>  $\frac{p^3h^3}{gx_4w_3}$  50 t<sub>3</sub> = Ferralítico rojo, poco lixiviado, caliza dura como material basal, medianamente desaturado(40-75%), medianamente profundo (50 cm), medianamente humificado (2.0-4.0%), casi llano (pendiente entre 1.1 y 2.0%), loam arcillo arenoso, poca graviliosidad (2.0-15.0%), pedregoso.

XXVI S 12<sub>2</sub>  $\frac{p^4e^4}{d}$  20 t<sub>4</sub> = Aluvial, poco diferenciado, materiales arcillosos transportados, medianamente desaturado (40-75%), poco profundo (20cm), con poca perdida del horizonte  
A, ligeramente ondulado (2.1-4.0%).

VIA 10<sub>1</sub>  $\frac{p^3h^4}{f}$  40 t<sub>5</sub> = Ferralítico Cuarcítico amarillo lixiviado, típico, esquistos pizarrosos como material basal, fuertemente desaturado (<40%), medianamente profundo (40 cm), poco humificado (2.0%), ondulado (4.1 - 8%), loam arcilloso.

Se intercalan las áreas de mogotes de rocas cavernosas (cartso) y lo bordean suelos esqueléticos de las alturas de pizarra y otras estructuras de la formación San Cayetano, que se utilizan en plantaciones forestales con algunas zonas de bosques naturales que le confieren un alto nivel de interés investigativo

El clima se manifiesta con los siguientes indicadores medios, determinados en series consecutivas de 19 a 35 años de compilación de datos.

Precipitaciones: de 1270 a 1380 mm/año, con el 71 al 75% de la lluvia en el periodo de Mayo a Octubre presentando entre 51 y 87 días con lluvias en ese periodo. La época menos lluviosa de lluviosa,

de Nov.-Abril, presenta en la serie varias estaciones secas al extremo, aunque los valores medios expresan que se suceden lluvias del orden de 380 a 420 mm en unos 17 a 30 días con lluvia.

Temperatura: La media de las temperaturas oscila entre 21. Y 27 °C con máximas de 33-34 °C y mínimas no inferiores a 12 °C en las estaciones, aunque los moradores dicen haber sentido fríos más intensos y refieren ocasiones con escarcha al amanecer

Insolación: las horas luz diaria oscilan entre 6.4 en Dic. Y 9.4 en Abril, aunque los valles no reciben estos indicadores de luz pues al estar rodeados de montaña, hacen un efecto pantalla, y disminuyen la insolación registrada.

Nubosidad: Este elemento se manifiesta entre 3/8 y 5/8 lo que indica una alta nubosidad en la zona, lo que influye en la insolación registrada.

Evaporación: Se manifiesta entre las isolíneas de 1800 y 1700 mm/año, manifestándose en el rango de entre 4.1 y 6.2 mm/día, siendo Abril el mes de mayor intensidad y Dic el de menor amplitud.

### **Zona Central.**

Esta zona se caracteriza por poseer elevaciones de pizarra y esquistos en casi la totalidad de su territorio en ella se ubican los puntos denominados: Francisco, Gramales, Pons, La yuquilla, los Quemados y Minas, con algunos valles intramontanos cuyos suelos se agrupan en la serie Cuyaguateje loam areno arcilloso, que se denomina de la siguiente forma:

II y  $6_{2x_4}p_3^{3h^3}$  50 t<sub>3</sub> = Ferralítico rojo, poco lixiviado, caliza dura como material basal, medianamente desaturado(40-75%), medianamente profundo (50 cm), medianamente humificado (2.0-4.0) casi llano (pendiente entre 1.1 y 2.0%), loam arcillo arenoso, poca gravillosidad entre (2.0-15.0%), pedregoso.

El clima presenta la siguiente caracterización media.

Precipitación: la lluvia en la zona se comporta con acumulados en la época lluviosa de 1230 a 1410 mm, con 70-75% del total anual con 69-94 días con lluvia, en la etapa Nov. Abril, se precipitan entre 415 y 502 mm con 23-39 días con lluvia.

Temperatura: Se comporta similar a la zona sur.

Insolación: Presenta poca variación con respecto a la zona sur, la tomamos similar.

Nubosidad: En esta variable los valores calculados se corresponden a los del sur.

Evaporación: Se comporta en el rango de 1800 a 1900 mm/año, con extremos entre 4.6 y 6.8 mm/día sobre todo en Dic- Ene. y Abril respectivamente.

## Zona Norte.

La zona se ubica a lo largo de todo el litoral que limita al municipio desde Bajas hasta El Duque, conforma la llanura costera norte, que es una franja estrecha que presenta una variada diversidad de suelos, siendo los de mayor superficie e importancia los siguientes:

XXVI S  $23_2 \frac{p^2 h^4}{h}$  54  $t_3$  = Aluvial, poco diferenciado, materiales aluviales y deluviales recientes como material basal, medianamente desaturado (40-75%), profundo (54cm), poco humificado (<2.0%), casi llano (1.1-2.0% pendiente), loam arenoso

VA 17<sub>1</sub>  $\frac{p^3 h^3 e^4}{h}$  48  $t_4$  = Ferralítico Cuarítico Amarillo Lixiviado, típico, material transportado y corteza de meteorización ferralitizada o caolinizada como material basal, medianamente profundo con (48 cm), medianamente humificado(2.0-4.0%), poca perdida del horizonte A(25%) ligeramente ondulado(2.1-4.0%), loam arenoso

VA 17<sub>1</sub>  $\frac{p^3 h^3 e^4}{h}$  45  $t_5$  = Idem, (45 cm), ondulado (4.1-8.0%)

VA 17<sub>1</sub>  $\frac{p^3 h^3 e^4}{hx_3}$  46  $t_5$  = Idem, (46 cm), loam arenoso, mediana graviliosidad (16-50%)

VB 17<sub>1</sub>  $\frac{p^3 h^4 e^4 c^1}{hx_3}$  48  $t_4$  = Ferralítico Cuarítico Amarillo Lixiviado, concrecionario, medianamente profundo (48 cm), poco humificado (<2.0%), poca perdida del horizonte A muy concrecionario(21-50%), loam arenoso con mediana graviliosidad.

III B 17<sub>2</sub>  $\frac{p^2 h^3 e^4 c^1}{gx_4}$  57  $t_4$  = Ferralítico rojo lixiviado, concrecionario, profundo (57 cm), medianamente humificado (2.0-4.0%) poca perdida del horizonte A (<25%), muy concrecionario (21-50%), ligeramente ondulado(2.1-4.0%), loam arcillo arenoso con poca graviliosidad(2-15%)

III B 17<sub>2</sub>  $\frac{p^2 h^3 e^4 c^1}{g}$  70  $t_4$  = Idem,(70 cm), loam arcillo arenoso.

III B 17<sub>2</sub>  $\frac{p^2 h^3 e^3 c^1}{gx_3}$  73  $t_4$  = Idem,(73 cm), mediana perdida del horizonte A ( entre 25-75%) loam arcillo arenoso con mediana graviliosidad (16-50).

XXVIII V10<sub>1</sub>  $\frac{p^4 h^3 e^2}{hx_2}$  18 t<sub>6</sub>= Esquelético, esquistos o pizarras Cuarcítico micáceas, fuertemente desaturadas (<40%), poco profundo (18cm), medianamente humificado fuerte pérdida del horizonte A ( desde el 75% del A hasta el 25% del B) fuertemente ondulado con (8.1 - 16% ), loam arenoso con fuerte graviliosidad (51 al 90%)

XXVIII V10<sub>1</sub>  $\frac{p^4 h^4 e^2}{hx_2}$  18 t<sub>7</sub>= Idem, poco humificado (> 2.0%), Alomado (16.1-30%)

El clima se comporta de la siguiente forma:

Precipitación: En el periodo lluvioso se comporta entre los 847 y 915 mm, mientras que en el seco las lluvias alcanzan entre 360 y 415 mm, esto en 41 a 53 días con lluvia en época lluviosa y entre 21 y 25 días con lluvia en la seca.

Temperatura: Se muestra más elevada que en las otras zonas con mínimas en Enero de 21.7°C y máximas de 29 °C en Julio y Agosto, no hay índices de temperaturas por debajo de 8°C con datos puntuales de 34°C en algunos días de Agosto.

Insolación: Se manifiesta una intensidad de luz elevada con 8 a 10 horas luz en correspondencia con su ubicación en la costa.

Nubosidad: Se comporta entre los rangos de 3/8 a 5/8 generalmente con nubes altas que producen poca lluvia

Evaporación: Es el fenómeno mas incidente en la humedad ambiental de la zona, pues alcanza valores entre 2000 y 2100 mm/año con un gran efecto evaporante desde superficies acuosas, esto provoca desecamiento superficial en charcos y lagunas que forman lodazales intransitables en diferentes partes de esta llanura.

Con los elementos presentados, se puede de realizar la fase de planificación del uso y manejo de los recursos de suelo y agua acorde con las exigencias naturales del cultivo y además establecer la guía necesaria para la ubicación en tiempo y espacio a cada una de las especies ya que se señalará el momento de la siembra y el lugar en donde recibirá la mejor oferta de las condiciones naturales en las que se desarrollaran, para esto, conocidas las exigencias naturales de un cultivo e información acerca del clima y los suelos de la zona de estudio, se procede a establecer el siguiente orden de realización:

- a. Seleccionar el cultivo a plantar: Plátano Censa ¾ y Plátano Burro Censa
- b. Determinar el ciclo biológico que tendría en la zona escogida partiendo de conocer la suma de las temperaturas activas que requiere el cultivo. Para eso es necesario conocer el comportamiento de la temperatura a través del año y proceder a determinar la mejor fecha de siembra para lograr el menor ciclo posible para realizar cosecha, en Minas la temperatura se comporta de la siguiente manera:

zona	datos	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Año
Norte	T <sup>0</sup> C	22,5	21,9	23,6	25,5	26,4	24,7	27,4	27,3	27,1	26,1	23,9	22,6	
	Sum	697,5	613,2	731,6	765,0	818,4	801,0	849,4	846,3	813,0	809,1	717,0	700,6	9162
Cen- tro	T <sup>0</sup> C	22,4	21,8	23,6	25,5	26,4	26,6	27,3	27,2	27,0	26,0	23,9	22,6	
	Sum	694,4	610,4	731,6	765,0	818,4	798,0	846,3	843,2	810,0	806,0	717,0	700,6	9141
Sur	T <sup>0</sup> C	22,2	21,6	23,3	25,2	26,3	26,5	27,3	27,3	27,1	26,0	23,6	22,3	
	Sum	688,2	604,8	722,3	756,0	815,3	795,0	846,3	846,3	813,0	806,0	708,0	691,3	9093

Se aprecia que la sumatoria de t<sup>0</sup>C no alcanza la necesaria del cultivo en todo el año por lo que el ciclo del cultivo escogido se alarga en este territorio, lo que disminuye sus posibilidades productivas.

c. Establecer la fecha de siembra o trasplante para lograr el ciclo más corto en el área

Primer tanteo: 2da decena de Marzo, alcanza el valor de la sumatoria en la 3era de Abril del año siguiente, es decir 33 días más un 9% del tiempo natural del cultivo. Igual sucede con siembra en 2da de Abril el incremento en tiempo es igual.

Segundo tanteo: 2da de Mayo, 2da de Junio y 2da de Julio, incrementan unos 30 días (8%) es decir, su primer corte se realizaría un año y un mes posterior a la siembra

El cultivo no admite otros tanteos ya que la etapa de mayor exigencia de agua coincidiría con los meses más secos de la zona y esto elevaría considerablemente los costos de producción al tener que aplicar riegos muy frecuentes y elevados dadas las características evaporantes y de lixiviación de los suelos por lo que se proponen las fechas siguientes, según tipo de suelo.

Suelo loam arenoso: 3<sup>ra</sup> decena de Marzo a la 2<sup>da</sup> de Julio

Suelo loam arcilloso: 2<sup>da</sup> decena de Abril a la 3<sup>ra</sup> de Junio - 3<sup>ra</sup> de Sept a 1<sup>era</sup> de Marzo.

Condición necesaria sistemas de riego y drenaje de campo

De esta forma se analizaron 18 cultivos comprendidos en los genéricos de Viandas, Hortalizas y Granos.

#### **Para la zona Sur.**

- Plátano Censa ¾ - Tendrá un ciclo de 390 días desde la siembra hasta el primer corte, se recomienda sembrar en los suelos loam arenoso con lluvias de 20-25 mm desde la 3<sup>ra</sup> decena de Marzo a la 2<sup>da</sup> de Julio con riego desde Diciembre hasta Marzo del siguiente año, si no posee riego, tendrá una afectación significativa tanto en su desarrollo vegetativo como en el productivo. La alta retención del agua por el suelo arcilloso o loam arcilloso, no permite que se siembre este cultivo sobre todo en aquellos lugares bajos ocupados por el suelo, pero con condiciones de drenaje de campo y riego garantizado o con lluvias de 15-18 mm se puede sembrar de Nov a Mayo, se recomienda sembrar desde la 3<sup>ra</sup> de Septiembre hasta la 1<sup>ra</sup> de Marzo. En ambos suelos la siembra se realizará 12 horas después de ocurrida la lluvia.



- Plátano Burro Censa. Por sus características de rusticidad y resistencia a condiciones adversas, se adapta mejor a estas condiciones naturales, su ciclo alcanza de 350 a 370 días, es decir, solo se desfasa en un 5 % de su ciclo en las condiciones ideales, la siembra en suelos del tipo loam arenoso deben realizarse desde la 2<sup>da</sup> decena de Marzo a la 1<sup>ra</sup> de Agosto y en los suelos loam arcillosos, desde la 3<sup>ra</sup> de Octubre a la 3<sup>ra</sup> de Marzo. Requerirá del riego desde la siembra hasta 45 días después, si no se suceden lluvias de 10-15 mm con un intervalo entre ellas de 12-15 días, de ser lluvias frecuentes, intensas y superiores en cantidad, debe drenarse.
- Yuca. Presenta un alargamiento de su ciclo biológico de entre 9 y 22 días, que representan el 3 y el 9 % respectivamente, con esto el ciclo del cultivo en la zona alcanza entre 270 y 360 días según la variedad. En el suelo loam arenoso la fecha de siembra se ubica entre 3<sup>ra</sup> decena de Noviembre a la 2<sup>da</sup> de Febrero en las zonas altas con riego si no ocurren lluvias de 10-12 mm con un intervalo de 15-20 días, en los suelos loam arcilloso, desde la 1<sup>ra</sup> de Diciembre a la 3<sup>ra</sup> de Febrero. No sembrar en Septiembre ni en Octubre en ningún lugar; las siembras de Marzo - Abril requieren de rigurosa limpieza del campo.
- Malanga (Xanthosoma). En esta zona el ciclo aumenta entre 21 y 31 días sobre el ciclo óptimo lo que hace que en total presente entre 250 y 280 días entre la siembra y el inicio de la cosecha, la época de siembra en suelo loam arenoso desde la 1<sup>ra</sup> de Diciembre hasta la 3<sup>ra</sup> de Febrero aunque puede hacerse una decena antes o después de las señaladas si se tiene riego para los primeros 60 días del ciclo, si fuera en secano, se puede sembrar desde la 1<sup>ra</sup> de Mayo hasta la 1<sup>ra</sup> de Septiembre, recomendamos desde la 1<sup>ra</sup> de Junio a la 3<sup>ra</sup> de Julio. En suelo loam arcilloso, desde la 1<sup>ra</sup> de Noviembre hasta la 2<sup>da</sup> de Marzo si es con riego; si es de secano, debe sembrarse desde la 2<sup>da</sup> de Mayo a la 1<sup>ra</sup> de Octubre. Las siembras de Octubre precisaran de riego desde Enero hasta Marzo
- Boniato. Del análisis realizado a variedades de ciclos diferentes, en la zona no deben sembrarse las que tienen ciclos menores de 120 días, ya que para alcanzar la suma de °C necesarios, se necesitan mas de 3,5 meses de acuerdo al acumulado anual que presenta la zona, solo las siembras de la 2<sup>da</sup> decena de Junio hasta la 3<sup>ra</sup> de Julio logran un ciclo de 135 días, pero están sujetas a las lluvias de Septiembre y de Octubre que coinciden con la formación y engrosamiento del tubérculo lo que traería consigo la necesidad de drenaje, aún en las áreas elevadas del territorio. Las variedades de hasta 150 días encuentran su fecha de siembra mas adecuada en las 2<sup>da</sup> decena de enero hasta la 3<sup>ra</sup> de marzo y en la 2<sup>da</sup> de agosto hasta la 1<sup>ra</sup> de octubre, con lluvias de 10-12 mm puede sembrarse de 8 a 10 horas del cese, con acumulados mensuales de mas de 50 mm de lluvia no precisa del riego, pero si del drenaje. Todo esto esta referido al suelo tipo loam arenoso, ya que los arcillosos no son totalmente adecuados para el boniato.
- Maíz. Tanto las variedades de 120 o 150 días tendrán una disminución en el ciclo, que va desde 7 días hasta 13 días, lo que hace que este cultivo pueda utilizarse en rotación con otros. Para esta zona y en los suelos loam arenosos las siembras deben realizarse desde la 1<sup>ra</sup> decena de marzo a la 2<sup>da</sup> de mayo para las variedades de 120 días, necesitando riego en marzo. De sembrarse en secano debe realizarse desde la 3<sup>ra</sup> de abril hasta la 2<sup>da</sup> de julio. Las variedades de 150 días deben sembrarse desde la 2<sup>da</sup> de septiembre a la 1<sup>ra</sup> de octubre para las zonas altas y desde la 2<sup>da</sup> de noviembre hasta la 3<sup>ra</sup> de diciembre para el resto del territorio, estas siembras precisaran de riego o de lluvias de 35 a 40 mm acumuladas desde la 2<sup>da</sup> decena después de la siembra hasta

25-30 días posteriores. En los suelos loam arcillosos puede dársele las mismas fechas, aunque requerirán de un laboreo inicial más profundo y drenaje permanente de sus áreas.

- Frijol. Este cultivo alarga su ciclo entre 12 y 20 días y la siembra se enmarca para los suelos loam arcillosos desde la 2<sup>da</sup> decena de septiembre has la 1<sup>ra</sup> de diciembre, si se tiene drenaje se recomienda desde la 1<sup>ra</sup> de noviembre a la 2<sup>da</sup> de diciembre. En los suelos loam arenosos desde la 1<sup>ra</sup> de septiembre a la 2<sup>da</sup> de noviembre en tierras altas que no se encharquen. Siembras posteriores tendrán afectación en sus rendimientos, debido a la poca iluminación que presenta la zona en enero y febrero.
- Calabaza. La zona admite variedades de ciclo entre 120 y 140 días, las cuales tendrán el cronograma de siembra siguiente: para el suelo arenoso o loam arenoso con 3-4% de materia orgánica desde la 1<sup>ra</sup> de agosto a la 2<sup>da</sup> de noviembre y de la 3<sup>ra</sup> de marzo a la 2<sup>da</sup> de junio. Para los suelos arcillosos o loam arcillosos desde la 2<sup>da</sup> de agosto hasta la 2<sup>da</sup> de noviembre; las siembras de noviembre requerirán riegos en febrero.
- Pepino. El ciclo biológico alcanza de 55 a 65 días por lo que las cosechas deben condicionarse para su realización en días despejados y con poca humedad ambiental. Las fecha de siembras para suelo loam arenoso va desde septiembre a marzo, se recomienda desde la 3<sup>ra</sup> de octubre a la 3<sup>ra</sup> de febrero y desde la 3<sup>ra</sup> de abril a la 1<sup>ra</sup> de julio. Las siembras de diciembre a febrero precisaran de riego y todas de sistemas de drenaje de campo.
- Col. El ciclo biológico de este cultivo se incrementa entre 5 y 25 días, lo que hace necesario una ubicación adecuada en el tiempo, tanto para las áreas de siembra directa, como para las de trasplante. En los suelos arenosos o loam arenosos puede sembrarse de octubre a febrero, recomendando desde la 3<sup>ra</sup> de octubre a la 2<sup>da</sup> de febrero. En los suelos loam arcillosos, desde la 1<sup>ra</sup> de noviembre a la 3<sup>ra</sup> de febrero. Precisa de riego, con intervalos que no sobrepasen los 3 días en los dos primeros meses y después cada siete días. Como recomendación el semillero debe montarse en la zona norte y trasplantar las posturas con no más de 35-40 días.
- Berenjena. Este cultivo se adapta fácilmente a las condiciones de la zona, manteniendo su ciclo de 85-90 días, recomendando como fecha de siembra en los suelos arcillosos o loam arcillosos de agosto a diciembre, siendo su mejor época entre la 3<sup>ra</sup> de octubre y la 2<sup>da</sup> de diciembre. Las siembras de septiembre a octubre requieren lugares altos y drenados.

En esta zona dada sus condiciones naturales no es recomendable la siembra de:

- Papa. Se afecta por la alta humedad y la poca insolación que ocurre en la época en que transcurre su ciclo biológico.
- Melón. La elevada humedad relativa media del lugar afecta sus rendimientos por las condiciones de desarrollo de enfermedades fungosas.
- Tomate. La poca iluminación que recibe la zona en los meses de enero y febrero, así como la alta humedad relativa del lugar afecta la floración y por ende su rendimiento.

- Pimiento. Exige mucha luz y la iluminación de enero y febrero es poca, coincidiendo con la floración, afectando la posibilidad del cuaje del fruto, el cual surge deformado.
- Cebolla. La afecta la alta humedad relativa y la nubosidad y el sombreado que se presenta desde septiembre hasta diciembre, además la duración del día y su iluminación no son los adecuados.
- Ajo. Precisa de días cortos en el primer estadio (35-40 días) y esto aparece en la zona en enero y febrero, se desfasa la siembra y la cosecha coincide en la época lluviosa, pudriendo el bulbo.
- Quimbombó. No admite humedad relativa alta durante un periodo de varios días. En la zona son numerosos los días neblinosos, afectando la polinización y fructificación.
- Zanahoria. Los suelos de la zona no permiten un buen desarrollo de esta raíz, sobre todo los arcillosos. Requiere de alta iluminación y no tolera el sombreado en sus primeros estadios.

#### **Para la zona Central:**

Presenta las mismas características o muy similares a la zona sur, por lo que las recomendaciones de cultivos son las mismas que para esta zona, adicionándoles los siguientes:

- Quimbombó. El ciclo biológico del cultivo en esta zona alcanza el rango de 50 - 55 días para el corte, lo que le proporciona la posibilidad de ser rotado con otros cultivos que concluyan entre la 2<sup>da</sup> decena de Abril y la 2<sup>da</sup> de Julio que viene a ser la fecha de siembra recomendada
- Tomate. En esta zona el ciclo biológico del cultivo se acorta en unos 5 - 10 días en dependencia de la variedad que se utilice si es de 120 o de 150 días por lo que permite un desarrollo adecuado del cultivo siempre que se siembre en la parte centro del valle de Pan de Azúcar y se ubique en la margen izquierda del río en la zona mas elevada, admite su siembra desde noviembre hasta marzo, recomendando que se ejecute entre la 1<sup>ra</sup> decena de diciembre y la 3<sup>ra</sup> de febrero.

El resto de los cultivos no recomendados para sembrarse en la zona sur se mantienen en esta zona.

#### **Para la zona norte:**

Como se aprecia en la descripción de los suelos de esta zona, aunque se expresan genéricamente iguales, presentan diferencias con los del resto del municipio, sobre todo con los de la zona sur, ya que están constituidos por la Serie Ceiba (loam arenosos y arcillosos) cuyas arcillas son diferentes a los de la zona sur que lo componen la serie Cuyaguateje que son más friables, profundos y de mayor y mejor drenaje interno y externo, por lo que la zona norte es menos productiva que las del centro y sur del municipio, sin embargo, admite una mayor diversidad de cultivos a establecer acorde con sus características climáticas, mejores para estos cultivos como se puede ver a continuación, siendo la variación de sus ciclos lo más significativo de su evolución

- Yuca. El ciclo biológico se comporta entre los 260 y 340 días, en dependencia de características del suelo, en el loam arenoso Ceiba, la fecha de siembra se encuentra entre Noviembre y Agosto, su mejor época se ubica entre 2<sup>da</sup> de Noviembre hasta la 3<sup>ra</sup> de Junio, requiere de limpieza de campo sobre todo en Marzo y Abril, de sembrarse a partir de Julio, obliga a regarse de Diciembre a Marzo. Las siembras en zonas onduladas o alomadas deben tener las medidas necesarias de conservación de suelos necesarias que eviten su destrucción
- Boniato. Se admiten variedades de 100, 120 y 130 días, lo que permite distribuir en el territorio este cultivo como forma de garantizar su oferta en casi todo el año. En suelo loam arenoso de la serie Ceiba, puede sembrarse desde Octubre hasta Febrero, recomendamos de la 1<sup>ra</sup> de Nov. A la 2<sup>da</sup> de Febrero; se puede sembrar también desde Mayo hasta Julio, recomendamos desde la 2<sup>da</sup> de Mayo a la 2<sup>da</sup> de Julio. En los loam arcillosos de la serie Gato, puede sembrarse de Nov. a Febrero, recomendando desde la 2<sup>da</sup> de Noviembre a la 2<sup>da</sup> de Enero, solo puede sembrarse en la época menos lluviosa y con los campos en condiciones de drenar adecuadamente.
- Maíz. Presenta un ciclo de 80-90 días para consumo tierno y de 130 - 140 días para grano seco, en los suelos loam arcilloso de la serie Taco - Taco, puede sembrarse desde Octubre hasta Enero, se recomienda desde la 2<sup>da</sup> de Octubre hasta la 2<sup>da</sup> de Enero, con buen drenaje se puede sembrar de Abril a Junio, especialmente entre la 2<sup>da</sup> de Abril hasta la 2<sup>da</sup> de Junio para consumo tierno ; en los loam arenoso de la serie Ceiba, se recomienda desde la 3<sup>ra</sup> de Noviembre hasta la 3<sup>ra</sup> de Febrero y desde la 1<sup>ra</sup> de Abril a la 2<sup>da</sup> de Junio. En el loam arenoso de la serie Galope, desde Diciembre hasta Febrero y en los suelos arcillo-arenosos de la serie Gato, desde Noviembre hasta Enero, en estos suelos precisan de drenaje superficial e interno en los campos. Para consumo tierno puede sembrarse desde Abril hasta Junio.
- Frijol. Su ciclo biológico alcanza entre 120 y 125 días, su fecha de siembra para los suelos loam arenoso de la serie Ceiba se ubica desde Septiembre hasta Diciembre, se recomienda desde la 2<sup>da</sup> decena de Septiembre hasta la 3<sup>ra</sup> de Diciembre.
- Calabaza. Puede ubicarse en los suelos loam arenoso de la serie Ceiba con un contenido de materia Orgánica por encima de 3,5 % donde presentará un ciclo biológico entre los 115-130 días, su fecha de siembra desde Septiembre hasta Diciembre preferentemente desde la 2<sup>da</sup> de Septiembre hasta la 2<sup>da</sup> de Diciembre. En suelos loam arenoso de la serie Mocarrero, se puede sembrar desde Noviembre hasta Enero, teniendo en cuenta la necesaria materia orgánica en el suelo, recomendamos que se realice desde la 2<sup>da</sup> decena de Nov. A la 2<sup>da</sup> de Enero.
- Pepino. Tendrá un ciclo de 55 - 60 días y debe sembrarse en suelos loam arenoso de la serie Mocarrero desde Noviembre hasta Marzo, recomendando que se realice desde la 1<sup>ra</sup> de Nov. A la 2<sup>da</sup> de Febrero.
- Tomate. El cultivo alcanza entre 110 y 115 días en su ciclo biológico, muy acorde con las variedades de ciclo medio de 120 días ya que evolución en esta zona es similar a la que se indica en los instructivos técnicos de estas variedades. La fecha de siembra esta en relación directa con el tipo de suelo en que se plante ya que cada uno de ellos presenta características que exigen un análisis individual para este cultivo, así se tiene:

En suelos loam arenoso de la serie Ceiba, puede plantarse desde Septiembre a Mayo, la fecha de trasplante mas adecuada es desde la 3<sup>ra</sup> de Octubre a la 1<sup>ra</sup> de Marzo, en Abril y Mayo debe ubicarse en zonas altas y con garantía de drenaje. En suelos loam arenoso de la serie Taco-Taco, desde Octubre hasta Marzo, se recomienda desde la 2<sup>da</sup> de Noviembre a la 1<sup>ra</sup> de Marzo, en todos los casos deben garantizarse medidas de drenaje. En los suelos loam arenoso de la serie San Diego, puede establecerse desde Septiembre hasta Mayo, siendo su mejor época la que se encuentra entre la 1<sup>ra</sup> decena de Octubre hasta la 3<sup>ra</sup> de Enero y desde la 3<sup>ra</sup> de Marzo a la 1<sup>ra</sup> de Mayo. Las plantaciones de Septiembre y Octubre requerirán de sistemas de drenaje. En todos los casos los semilleros serán ubicados en áreas de la misma serie de suelo en que se van a trasplantar, no son recomendables siembras directas en ningún caso.

- **Pimiento.** El ciclo biológico de este cultivo alcanza entre 130 y 145 días, su ubicación por tipo de suelo se debe realizar con el siguiente cronograma de trasplante, En los suelos areno - arcilloso de la serie Ceiba, desde Septiembre hasta Febrero, recomendando desde la 3<sup>ra</sup> de Octubre hasta la 1<sup>ra</sup> de Febrero. En los suelos loam areno - arcilloso de la serie Gato desde Noviembre a Enero, siempre con medidas de drenaje, se recomienda desde la 2<sup>da</sup> de Noviembre a la 2<sup>da</sup> de Enero. En el suelo loam arenoso de la serie San Diego, se puede ubicar desde Octubre hasta Febrero, recomendando desde la 2<sup>da</sup> decena de Noviembre hasta la 1<sup>ra</sup> de Febrero, en todos los casos debe condicionarse el drenaje de cada campo.
- **Cebolla.** El ciclo biológico culmina en 120 días y su fecha de siembra se ubica según el tipo de suelo en que se plante, así: en el suelo loam areno - arcilloso de la serie Ceiba, desde Septiembre hasta Enero, se recomienda desde la 2<sup>da</sup> decena de Octubre hasta la 1<sup>ra</sup> de Noviembre. En suelo loam arenoso de la serie San Diego, desde la 2<sup>da</sup> de Octubre a la 1<sup>ra</sup> de Noviembre. El trasplante con mayor garantía productiva es el que se realice entre Noviembre y la 1<sup>ra</sup> decena de Diciembre. No se recomienda la siembra directa, la ubicación debe realizarse en las tierras altas de cada serie y poseer garantía de drenaje y de riego de Diciembre a Marzo.
- **Ajo.** El ciclo biológico alcanza entre 120 y 130 días, su ubicación debe hacerse en suelo loam arenoso de la serie Taco Taco de octubre a diciembre, recomendando entre la 3<sup>era</sup> decena de octubre y la 2<sup>da</sup> de diciembre. En todos los casos los campos deben tener sistemas y medidas de drenaje.
- **Col.** Se desarrolla entre 115 y 120 días, la fecha de siembra depende del tipo de suelo en que se ubique. En suelo loam arenoso Gato debe ubicarse entre la 1<sup>ra</sup> y 2<sup>da</sup> decena de diciembre, en suelo loam arenoso de la serie Ceiba, desde octubre hasta febrero, recomendando la 1<sup>ra</sup> decena de noviembre a la 2<sup>da</sup> de febrero. En suelo loam arenoso de la serie San Diego puede ubicarse desde noviembre hasta enero, recomendando desde la 1<sup>ra</sup> de diciembre hasta la 2<sup>da</sup> de enero. Los semilleros deben hacerse 40 días antes de la siembra sobre suelo loam arenoso Ceiba, en zonas altas con buen drenaje.
- **Quimbombó.** Su ciclo biológico alcanza entre 45 y 55 días. Este cultivo rotará con tomate y pimiento, su fecha de siembra estará en dependencia de la cosecha de estos cultivos, no debe sobrepasar la 1<sup>ra</sup> decena de agosto.
- **Zanahoria.** El ciclo alcanza entre 65 y 75 días, se recomienda su ubicación en suelo loam arcilloso de la serie Ceiba, desde septiembre hasta marzo, siendo la mejor época desde la 1<sup>ra</sup> decena de noviembre hasta la 2<sup>da</sup> de

febrero. Las siembras de septiembre y octubre deben ser en lugares altos y drenados, las siembras de marzo serán las menos productivas y de baja calidad.

- Berenjena. El ciclo de este cultivo alcanza entre 85 y 90 días y su fecha de siembra está en concordancia con el tipo de suelo en que se ubique, en suelo loam areno-arcilloso, de la serie Gato puede ubicarse desde octubre hasta diciembre, se recomienda desde la 2<sup>da</sup> decena de noviembre a la 2<sup>da</sup> de diciembre, en las zonas mas elevadas y con medidas de drenaje en el campo. En suelo loam arenoso de la serie San Diego, desde octubre hasta enero es recomendable sembrar desde la 2<sup>da</sup> decena de noviembre a la 2<sup>da</sup> de enero. Las medidas de drenaje son necesarias para garantizar el comportamiento normal del cultivo.

En esta zona no son recomendables las siembras de plátano y malanga, ya que los suelos de mejor aptitud para ello son poco profundos e inhiben su desarrollo.

#### **Propuesta de uso forestal del territorio:**

El análisis de la aplicación de la ecuación DR para especies forestales, se presenta en el acápite siguiente de este capítulo, en esta ocasión se hace la propuesta dado el estudio de caso que se analiza.

En los suelos escabrosos de las tres zonas del municipio, debe plantarse el Pino Macho (*Pinus caribaea* Morelet) como especie forestal económica, en los derrubios y cauces emisores del drenaje y en las zonas de depósito de estos suelos debe ubicarse el Encino (*Quercus oleoides*) como elemento estabilizador de los derrumbes o controlador de arrastres erosivos que se produzcan con lluvias intensas en zonas en pendiente pronunciada. En los entrantes de los mogotes con suelos loam arcillo - arenoso o arcillosos, deben ubicarse Cedro (*Cedrela odorata*) Dagame (*Calycophyllum candidissimum*) Baria Amarilla (*Cordia alliodora*) y si son altos y secantes Baria Prieta (*Cordia gerascanthus*). En las riveras de cauces definidos con escurrimiento permanente o intermitente por mas de 6 meses en el año, con taludes estables o ligeramente deslizados, en los tramos rectos, se ubicaran Majagua (*Hibiscus elatus* Sw) o Caoba africana (*Khaya nyasica* Stapf), y en los taludes frontales a la dirección del flujo de meandros o barrancas no estables, la primera línea de cobertura ha de ser a base de Caña Brava (*Bambusa vulgaris*) y a continuación las especies anteriores. En los suelos profundos, fértiles y drenados que no pueden utilizarse en cultivos agrícolas, se utilizaran para plantar la Caoba hondureña (*Swietenia macrophylla*), Dagame (*Calycophyllum candidissimum*), Cedro (*Cedrela odorata*) o Nogal (*Junglaris insularis*). Formando agrupaciones para establecer plantaciones que provean de semillas para viveros especializados a fin de poseer las posturas para estos fines. En áreas inundables o con posibilidades de encharcamientos de poca duración en días, se deben plantar Eucaliptos (*Eucalyptus* spp.), Majagua (*Hibiscus elatus*) y Ocuje (*Calophyllum antillanum*), con fines energéticos y para construcciones rústicas necesarias para la infraestructura administrativa comunitaria.

Las áreas de ubicación de los cultivos agrícolas y forestales propuestos, deben mantener su cobertura vegetal natural o espontánea hasta el momento de su utilización con vistas a su conservación y mantenimiento, ahora bien, de ser áreas vírgenes con características naturales no modificadas o poco alteradas por acciones antrópicas,

deben ser conservadas y estudiadas por expertos en flora y fauna a fin de preservar posibles taxones especiales y proceder a su uso después de la aprobación de las evaluaciones y recomendaciones profesionales.

Con esta propuesta de uso de los suelos del territorio de este municipio, queda conformado en su estructura general, el modelo de planificación del territorio, y en la ubicación y fines propuesto se manifiesta el ordenamiento agroforestal en el que se relacionan el Clima y el Suelo con el cultivo y se pone de manifiesto que se pueden satisfacer las necesidades naturales de cada uno de ellos en un alto grado de aproximación a la condición óptima exigida para lograr un rendimiento determinado para un territorio dado.

### 7.3.3. Modelo de pérdida del rendimiento forestal.

Esta sección continúa la estructura seguida en el análisis sobre la pérdida en los cultivos agrícolas a partir de los elementos que brinda el resumen climático de cada una de las zonas de la cuenca y de la caracterización de los suelos en que se ubican los cultivos forestales a que se refiere el estudio realizado.

Se estudiaron tres especies forestales de uso comercial muy difundido de manera que sus resultados fueran dirigidos a la utilización de los recursos naturales con una finalidad económica y al mismo tiempo conservativa del medio y sus ecosistemas. Las especies estudiadas se describen como:

#### ***Pinus caribaea* Morelet var *caribaea*** (pino macho)

Área de distribución geográfica: El área de distribución natural se ubica en la provincia de Pinar del Río y la Isla de la Juventud, aunque se han realizado plantaciones con buenos resultados en casi todas las regiones alomadas y montañosas de la isla, lo que demuestra su amplia gama de adaptabilidad y su amplitud ecológica en cuanto a suelos.

El clima presenta un amplio margen en el comportamiento de las variables: en temperatura media diaria entre 24.8 °C hasta 25.6 °C, con máximas de 37 °C y mínimas de 6.1 °C. En cuanto a la pluviometría, se tiene desde 1060 a 1570 mm/año, admitiendo también hasta más de 2000 mm/a, con una sequía estacionaria de entre 2 y 5 meses consecutivos.

En lo referido a altitud, crece desde pocos metros sobre el nivel del mar hasta los 464m para su estado natural, aunque en plantaciones se han ubicado en zonas montañosas por encima de los 980 mts. En lo concerniente al suelo, es en los ferríticos rojos (Cajalbana), con pH entre 5.5 y 6.5, profundos, bien drenados y pobres en bases intercambiables, donde existen las más extensas masas naturales, en este lugar existen plantaciones con muy buenos parámetros productivos, siendo los de mayor I. M.A anual, los que se toman de referencia para comparaciones con el resto de las posiciones estudiadas. En zonas de Topes de Collantes, existen plantaciones en suelos similares con rendimientos superiores a la media nacional, en orden le continúan los ferralíticos rojos profundos, los ferralíticos cuarcíticos rojizos profundos y medianamente profundo, los arenosos profundos y

llanos (sabanas) hasta en los latosoles y los oscuros plásticos crece esta especie, aunque no con igual índice productivo.

***Pinus tropicalis* Morelet.** (pino hembra o pino blanco)

Area de distribución geográfica. El área en que ubica en forma natural esta especie comprende la parte centro-norte- occidental de la provincia de Pinar del Río y en la Isla de la Juventud.

En lo referido al clima, sus variables se comportan en los siguiente rangos, la temperatura media diaria entre los 24.9 °C y 25.6 °C con máximas de hasta 33 °C, y mínimas de 4 °C. Se ubica en zonas de una pluviometría de 1100 a 1800 mm/a con sequías variables en tiempo desde 1.5 hasta 7 meses en forma consecutiva o a intervalos durante el año. El *pinus tropicalis*, se considera como la más heliófila de las especies de pinos cubanos, Samek (1969), Varona (1982) citados por Betancourt(1989 – 1999)

Crece desde cerca del nivel del mar hasta los 350 m (Matos 1963), según Betancourt (1999), esta especie parece no ser apropiada para lugares de mas de 400 m de altitud. En cuanto a los suelos, esta especie crece en los derrubios y al pie de las colinas dada la profundidad que presentan, siendo escasos en la cima o laderas erosionadas. En los suelos arenosos los pinares están formados por ambas especies, predominando el macho en condiciones adversas o poco fértiles y ácidas.

***Quercus oleoides*** (Encino).

Área de distribución geográfica: Es endémico de la provincia de Pinar del Río y de la Isla de la Juventud, se ubica los terrenos arenosos y areno- arcillosos de la zona centro y sur en unión con los pinares de pizarras y en la llanura arenosa del sur y sur occidente.

En cuanto a clima responde a los decritos para los pinares y en lo referido a suelos, responde muy bien en suelos arenosos y areno esquistosos. (Roig 1965)

Para la obtención de los datos con los que se trabajó esta sección, se siguió el siguiente algoritmo:

- Selección de los rodales a estudiar en función del clima, el suelo, la topografía, su ubicación geográfica y la especie establecida.
- Según la forma del rodal, se le inscribe la figura geométrica de un cuadrado o un rectángulo y se le trazan sus diagonales, las que se dividen en 4 espacios con 5 puntos de muestreo haciendo coincidir el punto 3 en la intersección de las diagonales.
- El muestreo se realiza en áreas de 25 x 25 metros y en diagonal con ejemplares cada 10 metros, esto nos permite datos de 10 individuos por campo, es decir 50 por cada rodal.
- Se determinan la media aritmética en los parámetros de estudio y se analizan para la información resumen de cada uno de los rodales seleccionados.



A partir de estas acciones, se tienen los siguientes datos:

**Pinus caribaea:**

Ubicación	Lote	Rodal	Area ha	V = m <sup>3</sup> /ha	IMA m <sup>3</sup> /ha/a	Edad años
M. Aguas	17	5	30	170	8.5	20
M. Aguas	16	2	59	140	10.7	13
G. León	46	1	128	120	5.0	24
G. León	66	1	45	90	4.1	22
G. León	73	6	4.5	70	3.2	22

**Pinus tropicales**

Ubicación	Lote	Rodal	Area ha	V = m <sup>3</sup> /ha	IMA m <sup>3</sup> /ha/a	Edad años
M. Aguas	39	2	44	50	1.25	40
M. Aguas	33	2	33	50	1.66	30
G. León	35	5	32	40	1.14	35
Gramales	25	6	7.5	110	2.75	40
Gramales	36	2	50	130	3.71	35
Gramales	16	7	14	90	1.64	55

**Quercus oleoides**

Ubicación	Lote	Rodal	Area ha	V = m <sup>3</sup> /ha	IMA m <sup>3</sup> /ha/a	Edad años
Sumidero	42	5	4.3	20	2.0	10
Sumidero	69	5	5.5	50	1.56	32
M. Aguas	19	4	53.0	40	2.35	17
M. Aguas	20	4	5.0	40	2.66	15

**Datos sobre suelos por rodal.**

Ubicac.	Lote Rodal	Datos de suelos presentes en los rodales
M.aguas	17-5	Suelo arcillo-arenoso, poco profundo, alomado, humedad intermitente
M.aguas	16-2	Suelo fértil, medianamente profundo, casi llano, con buena humedad
G.León	46-1	Suelo escabroso, poco profundo, accidentado, poca humedad
G.León	66-1	Suelo esquistoso, poco profundo, accidentado poca humedad.

G.León	73-6	Suelo esquisto micáceos, muy poco profundo, accidentado, poca humedad
M. aguas	39-2	Suelo escabroso, poco profundo, alomado, poca humedad
M. aguas	33-2	Suelo aluvial esquistoso, poco profundo, casi llano, buena humedad
G.Leon	35-5	Suelo escabroso, muy poco profundo, alomado poca humedad.
Gramales	25.6	Suelo aluvial pizarroso, profundo, meseta en pendiente suave, seca
Gramales	36-2	Suelo aluvial pizarroso, profundo, inclinado uniforme y suave, buena humedad por afluente del Macurije.
Sumidero	42-5	Suelo areno-arcilloso, poco profundo, en meseta, humedad intermitente
Sumidero	64-5	Suelo esquistoso, poco profundo, alomado, poca humedad
M. aguas	19.4	Suelo pizarroso, profundo, ligeramente ondulado, influencia costera.
M. aguas	20.4	Suelo pizarroso, profundo, en meseta, humedad buena con influencia costera

Estos análisis están referidos a los estudios realizados para la zona, es decir que la aplicación del valor de la Disminución del Rendimiento permite categorizar las áreas, establecer las bases para la ubicación inicial de las especies y realizar la planificación inicial del ordenamiento zonal, por lo que para el análisis forestal territorial también se ajusta en su aplicación.

De poseer datos de otras zonas, en las que la especie se relacione con otras condiciones naturales y se tienen mejores resultados, se podrán interrelacionar y obtener una gama superior de combinaciones y se podrá establecer una categorización más adecuada, esto es para territorios de gran envergadura, como puede ser una provincia, o distrito ya establecidos.

Según informaciones sobre I.M.A en el ámbito nacional para plantaciones de 20 años de *Pinus caribaea*, el mayor valor se obtiene en Topes de Collantes donde se alcanza valores que oscilan entre 10.5 y 12.2 m<sup>3</sup>/ha/año, lo que ubica una media de 11.35 m<sup>3</sup>/ha/año, es decir, que relacionándolo con nuestros rodales, se establece que para la provincia, la zona más productiva se consideraría como S-I; Cl-2, disminuyendo en el rango de 5 al 10%, así tendremos que el rodal de mayor valor en el I.M.A, con 10.7 m<sup>3</sup>/ha/a, representa el 95% de la media en Topes, lo que avala al modelo.

Con estas consideraciones, se podrá establecer un ordenamiento zonal para la actividad forestal que permitirá estimaciones productivas con mayor precisión.

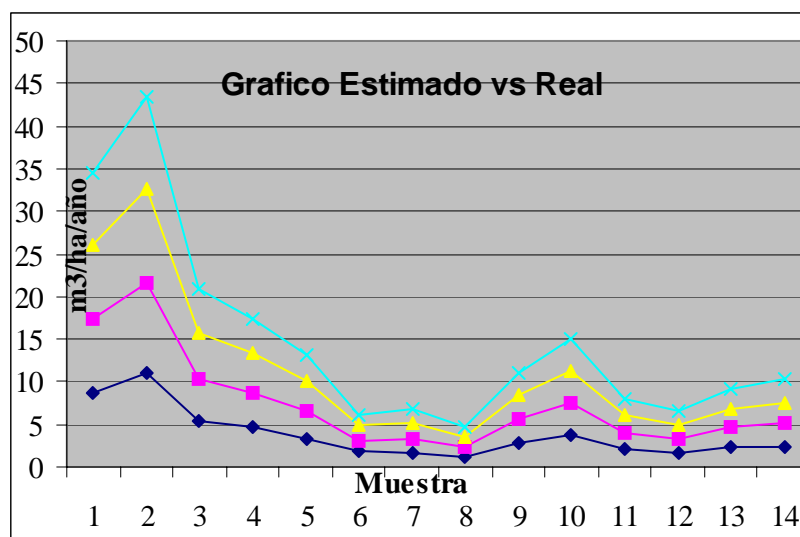
Siendo el *Pinus tropicalis*, endémico en Pinar del Río, las consideraciones sobre el Incremento Medio Anual (IMA), se han realizado en las plantaciones de los rodales estudiados, que responden a la media productiva registrada y que permiten su comparación para establecer su posible vinculación con la ecuación de disminución del rendimiento (DR). Así se tiene que el rodal 2 del lote 36 de la unidad silvícola de Gramales, es la de mayor valor en I.M.A (3.71 m<sup>3</sup>/ha/a) considerando tipo S-I; Cl-1 a la combinación existente en ese lugar para plantaciones establecidas.

Sobre el *Quercus oleoides* (encino), los mejores resultados se obtienen en los encinales ubicados en las llanuras del sur occidente, en la zona de La Fe, y San Ubaldo, se tienen un I.M.A de 2,89 m<sup>3</sup>/ha/a de valor medio, por lo que se toma para referenciarlo con el resto de los lugares estudiados, estimando este lugar como S-I; Cl-1 para esta especie. Con estas aclaraciones, relacionamos el resultado de los análisis realizados en los rodales motivo de

estudio que se utilizan en la comprobación de la efectividad del modelo de predicción productiva que se muestra en la ecuación de disminución del rendimiento (DR)

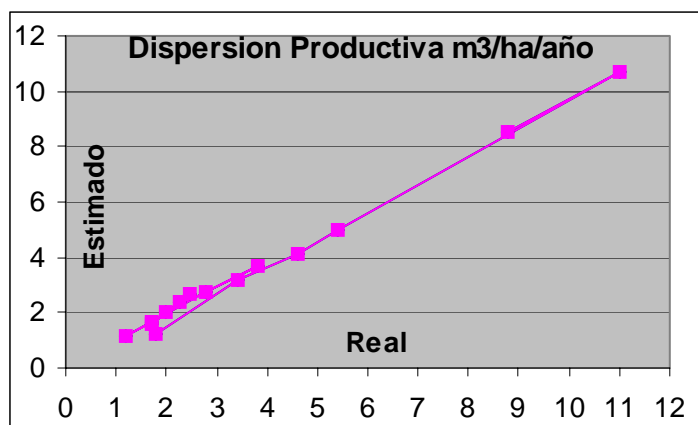
Especie	Lote-Rodal	Combinación S+Cl	Rendimiento m <sup>3</sup> /ha/a		% Disminución del Rendimiento		
			Estimado	Alcanzado	Rango	Media	Real
Pinus caribaea	17 - 5	S-III - Cl3	8.80	8,5	15.5 - 22.2	18.85	25.1
	16 - 2	S-II - Cl1	11.00	10,7	5.0 - 10.0	7.50	5.7
	46 - 1	S-IV - Cl2	5.40	5,0	39.8 - 52.3	46.50	56.0
	66 - 1	S-IV - Cl3	4.60	4,1	52.3 - 70.0	61.15	64.0
	73 - 6	S-IV - Cl4	3.40	3,2	70.0 - 95.0	82.50	72.0
Pinus tropicalis	39 - 2	S-IV - Cl4	1.80	1.25	70.0 - 95.0	82.50	66.0
	33 - 2	S-IV - Cl3	1.70	1.66	52.2 - 70.0	61.15	55.0
	35 - 5	S-IV - Cl4	1.20	1.14	70.0 - 95.0	82.50	70.0
	25 - 6	S-II - Cl3	2.80	2.75	15.5 - 22.2	18.85	26.0
	36 - 2	S-I - Cl1	3.80	3.71	2.0 - 5.0	3.50	2.4
Quercus oleoides	42 - 5	S-III - Cl4	2.0	2.0	22.2 - 30.0	26.10	31.0
	69 - 5	S-IV - Cl3	1.7	1.56	52.3 - 70.0	61.15	56.0
	19 - 4	S-II - Cl3	2.25	2.35	15.5 - 22.2	18.85	19.0
	20 - 4	S-II - Cl2	2.45	2.66	10.0 - 15.5	12.75	8.0

El análisis realizado en los datos precedentes confirman la validez de la ecuación DR en la fase de planeamiento del ordenamiento territorial en la esfera forestal, es decir que a partir de los valores que la correlación muestra, se puede introducir la ecuación de correlación



lineal que se describe como:

$$Y = 0.968x + 8.52 \text{ con un valor de } r = 0.866 \text{ para } p > 0.05.$$



En los gráficos se muestra la relación entre cada una de las especies estudiadas y su dispersión productiva nos señala la pendiente que se produce entre los resultados reales y los estimados considerados para las zonas muestreadas, lo que puede considerarse como significativa ya que tanto la proyección como lo alcanzado mantienen un paralelismo casi total.

Todo lo anterior permite inferir que el uso de la ecuación DR en las plantaciones forestales, también permite el análisis de comparación zonal para un territorio específico lo que hace más general esta herramienta para la planificación del uso de los recursos de suelo y agua en cada territorio.

## CAPÍTULO VIII: GESTIÓN DE LA FLORA Y LA VEGETACIÓN.

### 8.1 INTRODUCCIÓN.

La cuenca en estudio presenta, como se ha explicado en el Capítulo de diagnóstico, una diversidad vegetal muy abundante e interesante por los niveles de endemismo local que contiene; en este capítulo, se aborda la situación que presentan actualmente los ecosistemas de bosques y se detallan algunas características de las comunidades vegetales que se desarrollan en zonas de pizarra de la formación San Cayetano y en las zonas ocupadas por sabanas o pinares sobre arenas blancas con alto contenido de sílice. Aunque se tienen formaciones de mogotes y zonas de abundantes humedales, sólo se les manifiesta su interés geobotánico general y se relacionan las especies amenazadas que lo habitan como componentes territoriales que aparecen en el **Mapa de Vegetación** que se anexa en este capítulo.

Partiendo de considerar que los bosques son ecosistemas terrestres cuya biocenosis presenta especies dominantes de porte arbóreo, que en nuestro caso, serán tratados como las comunidades arbóreas de mayor ocupación territorial, además se informa sobre el estado de conservación y protección de áreas específicas de gran interés investigativo. Se realza el dato de que en la zona baja de la cuenca, se ubican humedales de elevado endemismo vegetal y con especies exclusivas de estas zonas que le confieren un enorme interés florístico. No es objetivo de este trabajo realizar búsquedas de nuevos individuos o especies, ni tampoco dar exposiciones de orden botánico sobre características de la diversidad existente, el propósito se enmarca en establecer algunas relaciones del

medio y las especies y enmarcar de forma segura y directa la ubicación o posible localización de las especies que integren a cada grupo por ecosistema.

En el territorio de la cuenca del río Cuyaguateje, se han realizado numerosos estudios en los cuales, investigadores como Betancourt (1968), Borhidi (1973-1981), Fernández (1981), Herrera (1977), Samek (1967 - 1973) del Risco (1969), Chile (1997-98), González (1998), Urquiola (1989 - 2000) y otros, todos de gran relevancia en esta esfera científico técnica, coinciden en caracterizar la gestión de la vegetación y la flora en esta región como una de las de mayor diversidad, endemismo e importancia investigativa del país por el mosaico que forma en esta parte de la provincia.

Es necesario ampliar la atención a los síntomas que se manifiestan en muchos lugares, tales como la erosión excesiva de los suelos agrícolas y la tala indiscriminada que propicia la desaparición de muchas especies vegetales, que se corresponde con Odum (1992), en estas apreciaciones se basa uno de los objetivos del capítulo, el de influir en la conservación, cuidado y protección de la flora en la cuenca del río Cuyaguateje, sobre todo en los ecosistemas establecidos como caracterizadores de esta parte de la región occidental que se denominan, formaciones de pizarras y las de arenas blancas que constituyen unidades ecológicas no muy difundidas en otras partes del territorio nacional.

Cada ecosistema que de forma general conforma el mosaico de variedades existentes, puede ser valorado de forma cualitativa de manera que sirva de elemento para las prioridades conservativas que del ordenamiento integral pudieran derivarse; el siguiente cuadro, representativo de las características valorativas de la estructura geobotánica de la cuenca, permite una visión de conjunto de la importancia de estos elementos formativos de las estructuras socio económicas de esta región; se referencia a Barbier (1989, cit. Escarré, 1996), para la presentación de la siguiente información.

#### **Indicadores valorativos de las unidades ecológicas de la cuenca en estudio.**

<b>Detalles e indicadores</b>	<b>Pizarras</b>		<b>Mogotes</b>		<b>Arenas Blancas</b>		<b>Humedales</b>	
<b>Componentes</b>	Directo	Indirecto	Directo	Indirecto	Directo	Indirecto	Directo	Indirecto
Recurso Forestales	***		**		**		*	
Recurso Ecoturismo	**		***		**		**	
Recurso Paisajístico	***		***		**		*	
Vida Animal Silvestre	***		**		**		**	
Recurso Agrícola	**		*		**		*	
Recurso Pesquero	*		*		*		***	
Recurso Industrial	***		***		***		*	
Funciones								
Recarga Subterránea		*		***		**		***
Estabilizador Taludes		***		*		*		*
Retención de Agua		*		**		**		***
Sedimentador		**		*		**		***
Contrib. hidrológico		***		**		**		***

Atributos								
Diversidad Biológica	***	***	**	**	***	***	**	**
Unidad Cultural		**		**		**		*

Simbología: \* = Bajo \*\* = Medio \*\*\*= Alto

Acorde a la clasificación de Koppen, la zona en estudio posee un clima clasificado como Tropical húmedo, y en correspondencia con la clasificación de la vegetación, Raunkiaer (1934), referenciado por Whittaker (1975), se ubica como Bosques Tropicales Estacionarios, considerados en la clasificación basada en los tipos dominantes utilizado por el sistema de clasificación forestal de los Estados Unidos, según Kimmins (1997). *“Bosques y sabanas son ecosistemas que cubren amplias zonas en el trópico”*, lo que asombra es el tratamiento recibido por parte del hombre en estos lugares que según Luttge (1997), han motivado las actuales condiciones degradantes, éstos apuntes justificativos del objetivo de salvaguardar las especies florísticas que forman las comunidades vegetales pueden materializarse mediante la áreas protegidas que se proponen en los ecosistemas estudiados.

A manera introductoria se relaciona una reseña físico geográfica de las zonas de las alturas de pizarras y de las arenas blancas por ser los ecosistemas más detallados en este trabajo.

Las alturas de pizarra están constituidas por la Formación San Cayetano, que consiste en conglomerados de arenisca y lutitas, comúnmente interestratificadas en forma de flysch, Samek y del Risco (1989), Borhidi (1994), consideran que las formaciones de alturas de pizarra constituyen un lugar ideal para el desarrollo de numerosas especies vegetales. El estudio de áreas específicas dentro de las alturas de pizarras han proporcionado interesantes resultados e incuestionables aportes al conocimiento de esta formación vegetal, investigadores como Chile (1998), González (1998), Luis (1997) y otros han permitido ampliar los horizontes del saber sobre esta parte de la cuenca en estudios.

Las sabanas de arenas blancas se ubican en el territorio que drena hacia el curso inferior del cauce del río Cuyaguaje y presenta especies vegetales muy parecidas a las existentes en la Isla de la Juventud, estudios realizados por Samek et al., confirman esta apreciación. En sus estudios en la zona, Bisse (1981), considera estas condiciones para aquellas especies muy resistentes y adaptadas a la fertilidad baja de las arenas silíceas. Con respecto a la fertilidad de los suelos y la diversidad vegetal que en ellos se desarrollan, Kellman y Tackaberry (1997), plantean que los procesos de degradación de los nutrientes minerales y orgánicos en suelos del trópico, sufren transformaciones continuas y aceleradas que se pierden por lixiviación en los suelos arenosos, por eso en esos lugares las agrupaciones vegetales suelen ser ralas.

## 8.2 MATERIALES Y MÉTODOS.

Por sus características, se relacionan las agrupaciones vegetales a partir de los ecosistemas de mayor relevancia en el territorio y en ellas las especies de mayor incidencia en los intereses específicos de cada lugar, de manera que se motiven investigaciones que permitan ampliar en detalles y definiciones como vía para incrementar los conocimientos en este campo.

La relación de las especies y su clasificación se obtuvo del trabajo de campo, con el auxilio del Software y base de datos Phylacantus, Urquiola (1998), las que serán agrupadas acorde al ecosistema en que se desarrollen en el territorio, esta información interviene en el **Mapa de Vegetación** localizando su ubicación acorde a las condiciones naturales de cada una de las zonas que componen la cuenca. El mapa se confeccionó partiendo de hojas cartográficas 1: 50 000, fotos aéreas y hojas cartográficas 1: 10 000 para los planos de los trabajos de campo realizados que sirven de base para la presentación en escala 1:250 000, este mapa se estructura por el tipo de sustrato receptor de la especie en los que se relacionan en listado anexo para su localización y uso. La clasificación de las formaciones vegetales se basa en los trabajos de Capote et al (1984).

Las áreas protegidas que se proponen, se fundamentan en la necesidad de salvaguardar las zonas que presentan algún interés científico o educativo y que se relacione de forma directa con las actividades comunitarias a fin de que con su participación se logre un sistema de protección popular para mitigar los efectos negativos que puedan ocurrir, estas áreas se denominan micro áreas ya que si se comparan con las de hoy, la superficie a ocupar por las nuevas son mucho más pequeñas y con un objetivo específico y un plan de manejo que no presenta complejidades en su elaboración y realización toda vez que se convierte en parte de las actividades de las comunidades.

## 8.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

### 8.3.1 Flora.

En este acápite, se esbozan las principales características de las especies que ocupan las zonas antes mencionadas. Considerando su ubicación en el territorio de la cuenca se señalan en el Mapa de Vegetación, en forma agrupada y de manera que al consultar los listados específicos de cada uno de ellos, se puedan considerar como una orientación precisa para su posterior localización.

- **Flora representativa de las Alturas de Pizarras.**

El listado florístico del área objeto de estudio asciende a la cifra de 520 especies, de las cuales 136 son endemismos desde distritales a pancubanos, siendo las familias más representativas, las Melastomataceae, Asteraceae, Cyperaceae, Euphorbiaceae, Myrtaceae, Fabaceae, Orchidaceae, Rubiaceae y Poaceae.

Entre los géneros más representados Croton, Cassia, Lonchocarpus, Rhynchospora, Casearia, Erythroxylum, Hypericum, Hyptis, Byrsonima, Pachyanthus, Pithecellobium, Eugenia, Panicum, Psychotria, Cupania, Solanum, Xyris, Polypodium y Adiantum.

• **Estado de conservación.**

Para el área de estudio se reportaron un total de 26 especies amenazadas, las que se distribuyen por categorías de amenaza de la forma siguiente:

CATEGORÍA DE AMENAZA	NÚMERO DE ESPECIES
En Peligro crítico	4
En peligro	5
Vulnerables	7
Datos insuficientes	10
<b>TOTAL</b>	<b>26</b>

Las especies son las siguientes:

1. Colpothrinax wrightii (Vulnerable; IUCN, 1989).
2. Gochnatia mantuensis (En Peligro; IUCN, 1989).
3. Odontosoria wrightiana (Datos Insuficientes; Sánchez, com. pers.)
4. Xyris bicarinata (En Peligro; IUCN, 1998).
5. Metaxya rostrata (En Peligro; Sánchez, com. pers.).
6. Mosiera cubensis (Rara; Urquiola, inédito).
7. Chaptalia ekmanii (En Peligro; IUCN, 1989).
8. Nococarpea radicans (Rara; IUCN, 1989).
9. Alatopteris asplenoides (Datos Insuficientes; Sánchez, com. pers.).
10. Andropogon selloanus (Vulnerable; Urquiola com. pers.).
11. Aracnoides formosa (Datos insuficientes, Sánchez, com. pers.).
12. Aristida erecta (Vulnerable; Catasús, 1997).
13. Cyathea microdonta (Peligro Crítico; CAMP, 1998).
14. Cynometra cubensis (Peligro; IUCN, 1989).
15. Cyperus pinetorum (Datos Insuficientes; IUCN, 1998).
16. Diectomis fastigata (Vulnerable; Urquiola com. pers.).
17. Elaphoglossum palmieri (Datos Insuficientes; Sánchez, com. pers.).
18. Hyeronima crassipula (Vulnerable; Bisse, 1988).
19. Hypericum arenarioides (Datos Insuficientes; Urquiola, com. pers.).
20. Hypericum ecastophyllum (Datos Insuficientes; Urquiola, com. pers.).
21. Hypericum limosum (Datos Insuficientes; Urquiola, com. pers.).
22. Lindsaea cubensis (Peligro; CAMP, 1998).
23. Marathrum cubanum (Peligro Crítico; Urquiola, com. pers.).
24. Sporobolus cubensis (Vulnerable; Urquiola, com. pers.).



25. *Trachypogon renvoizei* (Vulnerable; Urquiola, com. pers.).  
 26. *Zamia pygmaea* (Datos Insuficientes; Urquiola, com. pers.).

- **Flora representativa de las Arenas Blancas.**

La flora de las arenas blancas de la llanura suroccidental está compuesta por un total de 520 especies las que se distribuyen en un total de 98 familias. Uno de los rasgos importantes es el elevado número de endemismos que asciende a la cifra de 177 especies, destacándose entre ellas 43 endemismos distritales (exclusivos de arenas blancas de Pinar del Río).

Otro rasgo característico de la flora de las arenas blancas es el estado de amenaza el cual puede analizarse en tres momentos como muestra la tabla siguiente:

REPORTES.	NÚMERO DE ESPECIES AMENAZADAS
Borhidi y Muñiz (1983)	8
IUCN (1989).	12
Catasús (1997), Sánchez (com. Pers.), CAMP (1998).	29
Urquiola et al. (1998)	41
<b>TOTAL</b>	<b>90</b>

Como se puede apreciar el número de especies amenazadas es creciente, incluyendo las especies en peligro crítico.

A continuación se cuantifica la cantidad de especies amenazadas según las distintas categorías, de acuerdo con Urquiola et al. (1998).

CATEGORÍA DE AMENAZA	NÚMERO DE ESPECIES
En Peligro crítico	18
En peligro	28
Vulnerables	29
Datos insuficientes	12
No evaluadas	3
<b>TOTAL</b>	<b>90</b>

### 8.3.2 Vegetación.

#### 8.3.2.1 Características de algunas de las comunidades vegetales de la Cuenca. (Pizarra y Arenas Blancas).

- **Características de las comunidades vegetales de Pizarra.**

La zona de estudio se ubica en la premontaña de la zona sur del municipio Minas que se corresponde con el límite de la cuenca, localizándose a 5.7 km. del poblado de Cabezas en la zona denominada El Mulo, con puntos de muestreo comprobatorio en Calientes, a unos 3.0 km. de la CPA Francisco Pérez Germán y en Arenales, subiendo el curso del arroyo homónimo hasta su nacimiento en las alturas de pizarra. En el recorrido se aprecia la presencia de las siguientes formaciones vegetales: Bosques de Pinos - Pinares establecidos, pequeñas representaciones de bosques de galería en los cauces de arroyos; encinares y matorrales. Se pueden observar zonas con arrastres continuados de las capas superiores del suelo formando cárcavas desprovistas de protección vegetal, áreas pobladas de formaciones herbáceas, de escasa cobertura, raquílicas, cloróticas y de poca altura; en los depósitos de arrastres y en posiciones bajas y llanas, crecen cedros, caobas, varias y otras especies maderables muy apreciadas para su uso en carpintería en blanco. Sobre la formación San Cayetano, en que se ubican las pizarras pinareñas, en el distrito pinarenses (Borhidi, 1994), son las que se introducen en el área de estudio de este trabajo.

La zona estudiada presenta diferenciaciones en el suelo acorde con las posiciones que ocupa en el terreno, pero sin modificar sus características físico - químicas que la definen, es decir, en los derrubios y zonas de remanso de los arrastres, se manifiesta con espesores mayores en su primer horizonte que aparece formando capas de aluvios y en las partes altas es sensible la poca profundidad que presenta, el relieve es muy accidentado y forma una red de drenaje con pendientes pronunciadas lo que provoca velocidades de esorrentía que sobrepasan los valores críticos que soportan los suelos. Los factores climáticos se corresponden con los descritos en el resumen climático del Curso Superior de la cuenca. En todo el territorio se aprecia la acción del hombre, que en gran medida ha contribuido con efectos negativos hasta hoy acumulados.

En todo el territorio su cota media sobrepasa los 100 m (snmm), lo que se considera alto para las características insulares. Su vegetación está muy antropizada, lo que ha permitido que especies invasoras hayan ganado espacio dentro de sus comunidades vegetales originales, desplazando las especies autóctonas que son muy vulnerables a los impactos ecológicos que se presentan, lo que ha determinado un empobrecimiento creciente en la diversidad de las mismas, lo que acusa su deterioro ambiental.

La vegetación que se presenta, por tanto, consiste en bosques o matorrales secundarios y a veces zonas con predominio de herbáceas que constituyen los potreros. El estrato arbóreo en este tipo de vegetación es muy abierto con presencia de especies en general típicas de vegetación secundaria como *Cecropia schreberiana*, *Xylopia aromatica*, *Cupania americana*, *Roystonea regia*, *Sabal parviflora*, *Guazuma ulmifolia*, *Anacardium occidentale*, *Matayba apetala*, *Mangifera indica*, *Spondias mombin*, *Didymopanax morototoni*, *Pinus caribaea* var. *caribaea*, *Guarea guidonia* y *Trichilia hirta*, entre otras.

El estrato arbustivo se caracteriza por su baja diversidad evidenciando el estrés ecológico a que está sometido el territorio dado por el grado de antropización de sus áreas. Las especies que se presentan mayoritariamente son: *Byrsonima crassifolia*, *Psidium guajava*, *Dichrostachys cinerea*, *Citharexylum fruticosum*, *Lantana camara*, *Solanum jamaicensis*, *S. mammosum*, *Conostegia xalapensis*, *Urena lobata*, *Rhus copalina*, *Piper ossanum*, *Psidium salutare*, *Tabernaemontana amblyocarpa*, *Pluchea carolinensis*, *Eupatorium odoratum*, *E. villosum*, *Curatella americana*. Hacia las orillas de los ríos, en lugares más conservados pueden aparecer: *Clusia menor*; *Pieris cubensis*; *Pachyanthus wrightii*; *Pachyanthus agustifolia*; *Plinia cubensis*; *Psychotria horizontales*;

*Amaiova corymbosa* ; *Brya ebenus*; *Casearia silvestris*; *Calyptanthus capitulata*; *Dendropanax cuneifolius*, entre otras.

El estrato herbáceo es el de más bajo nivel florístico, lo constituyen diferentes representaciones de hierbas y helechos, siendo éstos últimos muy abundantes en áreas, cuyos representantes son: *Cyathea arborea*; *Cyathea serra*; *Alsophila serra*; *Pteridium aquilinum*; *Nephrolepis biserrata* y *Pityrogramma calomelanus*.

*Thelypteris oblitterata*; *Polypodium aureum*.: *Manisuris loricata*, *Bidens pilosa*, *Emilia sonchifolia*, *Mimosa pudica*, *Andropogon virginicum*, *Melochia villosa*.

En las partes más bajas, llanas o casi llanas se observan áreas de cultivos agrícolas económicos como son *Nicotiana tabacum* (Tabaco), *zea maíz* (maíz), *Hipomea Batata* (Boniato); *Manihot sculenta*(Yuca); *Xantosoma sagittifolium* (Malanga); *Musa sapientum* (Platano), en los patios de las casas se pueden observar: *Calocarpum sapota* (Mamey); *Pouteria mamonera* (Mamey de Santo Domingo) *Mammea americ*; (Mamoncillo); *Melicoccos bijuga*; *Citrus sinensis* (Naranja dulce); *Altocarpus altilis* (Arbol del pan); *mangifera indica* (Mango); *Psidium guajaba* (Guayaba); *Persea americana* (Aguacate) ; *Coffea arabica* (Café); *Annona squamosa* (Anon); *Annona cherimolia* (Chirimoya); *Annona muricata* (Guanabana).

En la zona pre montañosa, donde los arroyos definen sus cauces, se aprecian algunas manifestaciones de bosque de galería que conforman puntos de cobertura vegetal casi continua en tramos de 50 a 100 metros de largo que propician el desarrollo de árboles, arbustos y de hierbas que diversifican el paisaje y lo hacen mucho más llamativo hacia la investigación. En estos lugares, donde las condiciones edáficas y de humedecimiento son las más adecuadas para el desarrollo de este tipo de bosque, considerado mesófilo y constituido por un estrato arbóreo heliófilo, así como estratos arbustivo y herbáceo en general humbrófilos, requieren de tratamientos especiales para su conservación futura. Entre los árboles podemos citar: *Calophyllum pinetorum*, *Matayba apetala*, *Xylopia aromatica*, *Syzygium jambos*, *Clusia rosea*, *Pithecellobium obovale*, *P. cubense*, *Rheedia aristata*, *Roystonea regia*, *Amyris balsamifera*, *Bursera simaruba*, *Sabal parviflora*, *Colpothrinax wrightii* y *Cecropia peltata*, entre otras especies. En el estrato arbustivo de este tipo de bosque, aparecen: *Cyrilla racemiflora*, *Cyathea myosuroides*, *Clusia minor*, *Pieris cubensis*, *Psychotria nervosa*, *Citharexylum fruticosum*, *Dendropanax cuneifolius*, *Casearia sylvestris* var *sylvestris*, *Amaiova corymbosa*, *Piper ossanum*, *Plumeria tuberculata*, *Eugenia axillaris*, *Tapura obovata*, *Eugenia oligantha*, *Ouratea ilicifolia*, *Miconia ibaguensis*, *Brya ebenus*, *Pachyanthus wrightii*, *Henriethea patrisiana*, *Pachyanthus angustifolius*, *Coccoloba diversifolia*, *Hebestigma cubensis*, *Plinia cubensis*, *Mosiera cubensis*, *Calyptanthus capitulata*, entre otras especies.

El estrato herbáceo, se caracteriza por la gran diversidad de helechos. Entre las especies reportadas se encuentra *Blechnum occidentale*, *B. serrulatum*, *Pteridium aquilinum*, *Trichomanes pinnatum*, *Lygodium volubile*, *Metaxya rostrata*, *Adiantum trapezyforme*, *Thelypteris oblitterata*, *Polypodium polypodioides*, *Polypodium aureum*; además de estos helechos existen representantes de otras familias como *Anthurium cubense*, *Desmodium barbatum*, *Rhynchospora fascicularis* y *Drosera capillaris*. Entre las lianas se encuentran *Angadenia lindeniana*, *Philodendron lacerum*, *Platygyne hexandra*. La epífitas están representadas por *Hohenbergia penduliflora*, *Tillandsia fasciculata*, *T. flexuosa*, *Epidendrum nocturnum* y *Encyclia phoenicia*.

En realidad la vegetación en el área manifiesta las condiciones nutricionales y adaptativas en las que se desarrolla observándose individuos de una misma especie con diferencias significativas en sus manifestaciones

productivas y también se diferencian las especies mejor dotadas para adaptarse al medio y desarrollar sus potencialidades de forma amplia acorde a sus potencialidades productivas que pueden tomarse de referencia para las sugerencias de ocupación del territorio con un uso y manejo más provechoso de cada lugar.

- **Características de las comunidades vegetales de Arenas Blancas.**

Suelos de textura arenosa con un elevado contenido de sílice, escasa materia orgánica en sus horizontes y una fertilidad ínfima, así se conceptualiza a las denominadas Arenas Blancas. Ocupan las zonas llanas del sur oeste de la provincia de Pinar del Río, forman sabanas extensas con varias lagunas poco profundas, en gran parte eutrofizadas, con niveles de agua oscilantes y variables entre las temporadas de lluvia y la seca con hasta 1.5 m de diferencia lo que provoca que se produzca un área circundante entre estos niveles en donde crecen especies vegetales de ciclo corto, que pueden ser muy atractivas en sus características botánicas. Estas arenas se ubican en las zonas denominadas Santa Teresa, Las Catalinas y San Ubaldo, en la zona sur del municipio Sandino, y de Guane, que forman parte de la cuenca en estudio.

Desde el punto de vista florístico, el área de la cuenca del río Cuyaguaje, ubicada en la llanura suroccidental de Pinar del Río, forma parte del distrito fitogeográfico conocido como "Sabana de Arena Blanca", sensu Samek (1973) o el distrito "Sabaloense" sensu Borhidi (1996).

Desde el punto de vista fisionómico, no obstante el alto grado de antropización, se destacan relictos de la vegetación original, donde pueden observarse las formaciones siguientes:

- Pinares ralos o sabanas con pino.
- Herbazales de ciénaga.
- Formaciones acuáticas de agua dulce (lagunas).
- Bosques siempreverdes micrófilos, *Eugenia* sp. div. (guairajes), *Atheramnus lucidus* (yaití), *Amyris balsamifera* (cuaba), *Coccoloba* sp. div., *Erythroxylum* sp. div. (arabos) y otras plantas propias de lugares inundables, por períodos de 3-4 meses como *Cassine xylocarpa*, *Bucida spinosa* (júcaro espinoso) y los mangles.
- Matorrales de Ciénaga, hacia el oeste de la Ciénaga de Los Remates
- Bosques latifolios en galería, con *Colpothrinax wrightii* (palma barrigona), *Sabal parviflora* (palma cana), *Acoelorrhaphe wrightii* (guano prieto), *Hibiscus elatus* (majagua), en algunas líneas de drenaje.
- Manglares con las especies características como *Rhizophora mangle* (mangle rojo), *Avicennia germinans* (mangle prieto), *Laguncularia racemosa* (patabán) y *Conocarpus erecta* (yana), además aparece *Copernicia glabrescens* (palma jata).

Por su representatividad y exclusividad en la región, las tres primeras formaciones son las más importantes, por lo que se caracterizan a continuación:

Las sabanas arenosas con *Pinus* o pinares abiertos están formadas por un estrato arbóreo compuestos por Pinos y palmas, siendo los elementos específicos: *Pinus tropicalis*, *P. caribaea* var. *caribaea*, *Colpothrinax wrightii*, *Acoelorrhaphe wrightii*, *Coccothrinax miraguama* var. *arenicola*, *Copernicia glabrescens*, *Sabal palmetum* (muy escaso) y *Quercus oleoides* ssp. *sagraeana*. Pueden estar presentes otras especies en el estrato arbóreo, pero que mayormente son del estrato arbustivo como es el caso de *Tabebuia lepidophylla*, *Byrsonima crassifolia*, *Curatella americana*, así como otras especies no típicas y que aparecen a veces por intrusión de comunidades limítrofes. El estrato arbustivo lo compone un mayor número de especies. Los géneros más representativos son: *Byrsonima*, *Lyonia*, *Ouratea* e *Hypericum*, aunque sus especies no conviven siempre en la misma localidad. Las especies pertenecientes a los géneros mencionados son: *Byrsonima crassifolia*, *B. coccolobaefolia*, *B. pinetorum*, *B. wrightiana*, *Lyonia myrtilloides*, *L. lucida*, *L. ekmanii*, *Ouratea nitida*, *O. illicifolia*, *O. elliptica*, *Hypericum styphelioides*, *H. nitidum*, *H. tetrapetalum*. Otros géneros cuentan con una sola especie representadas por: *Eugenia puniceifolia*, *Psidium salutare*, *Chaetolepis cubensis*, *Chrysobalanus icaco* var. *pellocarpus*, *Tabebuia lepidophylla*, *Callicarpa americana*, *Acoelorrhaphe wrightii*, *Myrica cerifera*, *Cyrilla racemiflora*, *Kalmia ericoides*, *Terstroemia pedunculares*.

En el estrato herbáceo se encuentra la mayor riqueza florística con numerosas especies típicas de estos suelos de arena blanca en su mayoría endemismos. Se destacan como taxa típicos de estas comunidades las familias: *Xyridaceae*, *Eriocaulaceae*, *Haemodoraceae*, *Cistaceae*, así como las familias de insectívoras *Lentibulariaceae* y *Droseraceae*.

Los herbazales de ciénaga ocupan las lagunas intermitentes que aparecen en las depresiones del terreno donde el proceso de deposición de las arenas no ha culminado y donde el manto freático está cerca de la superficie, o existe una capa arcillosa impermeable, de manera que la saturación ocurre rápidamente en las lluvias. En estos ecótopos se dan condiciones de sequía y saturación intermitentes durante las lluvias y sequías, lo cual condiciona una flora particular caracterizada mayormente por la presencia de especies anuales que aparecen tan pronto encuentran las condiciones adecuadas para su germinación y desarrollo, mientras que desaparecen cuando las condiciones pasan al otro extremo

Dentro de las especies típicas de esta comunidad predominan: *Rhynchospora globosa*, *Panicum* sp. div., *Scleria phylloptera* y *Eleocharis celullosa*. Durante la estación húmeda aparecen *Xyris ekmanii*, *X. grandiceps* y un conjunto de especies que resulta de sumo interés, no sólo por su ciclo de vida particular, sino también por ser endemismos locales, incluyendo endemismos genéricos. Entre estas especies se encuentran: *Encopella tenuifolia*, *Amphiolanthus arenarioides*, *Lachnorrhiza piloselloides*, *Lachocaulon ekmanii*, *Sagittaria lancifolia*, *S. isoetiformis*, *Isoetes cubana*, *Pontederia lanceolata* y distintas especies de los géneros *Utricularia* y *Drosera*.

En ciertas zonas el herbazal de ciénaga posiblemente derivado de lagunas permanentes se asienta sobre un suelo húmedo y con alguna materia orgánica, donde aparece abundante *Colpothrinax wrightii*, *Hibiscus costatus*, *Blechnum serrulatum*, *Acoelorrhaphe wrightii*, *Ilex cassine*, *Osmunda cinnamomea*, *Hypericum nitidum* y otras especies típicas de ecótopos húmedos.

Las comunidades acuáticas de agua dulce (lagunas ácidas) pueden presentar especies flotadoras errantes las que pueden cubrir totalmente la superficie, en lugares protegidos de la acción del viento. Entre estas especies se encuentran helechos acuáticos como: *Salvinia auriculata*, *S. minima* y *Azolla caroliniana*; las *Lemnaceae* *Lemna perpusilla* y *Wolffiella welwitschii*, así como las *Pontederiaceae* *Eichhornia crassipes* y *E. azurea*. Las especies hidrófitas que enraizan en el fondo con hojas flotadoras, a veces con peciolo emergido están representadas por *Nymphaea ampla*, *N. odorata*, *N. luteum*, *Brasenia schreberi*, *Neptunia prostrata*, *Nymphoides graianum*, *Nelumbo lutea*, *Sagittaria lancifolia*, *S. intermedia*, *Pontederia lanceolata*, *Thalia geniculata*, *T. trichocalyx*, etc. Otras especies viven totalmente sumergidas como *Najas wrightiana*, *N. guadalupensis*, *N. arguta*, *Ceratophyllum demersum*, *C. echinatum*, *Myriophyllum laxum*, *Potamogeton illinoensis*, *Cabomba piauhiensis*, *Utricularia foliosa*, etc. Se presenta también un grupo de especies arbustivas con tallo emergente sobre el agua como *Ludwigia torulosa*, *L. peruviana*, *L. octovalvis*, *Cephalanthus occidentalis*, *Aeschynomene sensitiva* y *Annona glabra* entre otras.

En las lagunas más conservadas pueden encontrarse grandes masas de materia orgánica turbosa flotando en la superficie del agua, conocidas como “tembladeras”, donde se presentan condiciones ecológicas particulares, caracterizadas por la ausencia de estacionalidad debido a que el comportamiento del agua es uniforme durante todo el año. Ello permite la supervivencia de especies sensibles a los cambios de humedad o del nivel del agua. Las especies típicas de estas tembladeras son: *Mayaca aubletii*, *M. fluviatilis*, *Eriocaulon pseudocompressum*, *Osmunda cinnamomea*, *O. regalis*, *Thelypteris interrupta*, *Pontederia lanceolata*, *Oldenlandia uniflora*, *Acisanthera quadrata*, *Lachnanthes caroliniana*, *Xyris grandiceps*, *X. jupicai*, *X. ekmanii*, *Tonina fluviatilis*, entre otras.

La alteración que presentan las condiciones ecológicas de los ecosistemas sobre arenas blancas se manifiesta en mayor grado en las formaciones acuáticas que en las sabanas arenosas con *Pinus*, ya que los efectos de la eutroficación de las aguas y la remoción de sus márgenes por el ganado, se acumulan en el tiempo y conducen a una sucesión ecológica en la que desaparece la vegetación natural por la competencia de las invasoras. Este fenómeno se ha podido apreciar a lo largo del desarrollo del proyecto, lo que da medida de la velocidad de las transformaciones en algunas de estas lagunas.

#### 8.4 PROPUESTA DE SISTEMA COMPLEMENTARIO DE ÁREAS PROTEGIDAS.

En el territorio de la cuenca se han realizado estudios sobre la importancia de la conservación de la biodiversidad en cada uno de los ecosistemas existentes y se han propuesto varios lugares en los que se plantea la categoría de área reservada acorde con sus fines; de estos estudios, puede señalarse que en su totalidad se caracterizan por ser de superficie relativamente grande en comparación con el área que ocupa en el ecosistema que la contiene, esto, requiere una infraestructura de control y de servicios, en ocasiones, elevada, costosa y generalmente no cubierta, por lo que la conservación y/o manejo se dificulta o no se realiza. Su delimitación territorial no se señala en el terreno, ni presentan una vía de acceso en muchos casos, lo que hace poco practicable su vinculación, con fines docentes, a investigaciones y trabajos de participación popular en aras de lograr la intervención de las comunidades en su conservación.

En la cuenca del río Cuyaguaje, existen áreas con esta categoría en diferentes estadíos los que se relacionan a continuación:

**Áreas Protegidas, actuales y propuestas aprobadas.**

<b>Denominación y distrito fitogeográfico.</b>	<b>Categoría de protección</b>	<b>Condición</b>
01-San Ubaldo - Arenas blancas (Sabaloense)	Reserva florística manejada	Aprobada
02-Santa Teresa - Arenas Blancas (Sabaloense)	Reserva florística manejada	Propuesta
03-Sabanalamar – Arenas Blancas (Sabaloense)	Protección Recursos Manejados	En uso
04-Viñales, Sierra del Quemado y del Medio – Mogotes (Viñalense).	Parque Nacional	En uso
05-Sierra de Guane y Paso Real de Guane – Mogotes (Viñalense).	Reserva Ecológica	Propuesta
06-Sierra San Carlos – Mogotes (Viñalense).	Reserva Natural	Propuesta
07-Sierra Pesquero – Mesa - Pica Pica – Mogotes (Viñalense).	Reserva Natural	Propuesta
08-Sierra Sumidero – Mogotes (Viñalense).	Reserva Natural	Propuesta
09-Sierra Gramales - La Peña – Mogotes (Viñalense).	Reserva Natural	Propuesta
10-Cerro de Cabras – Guanito – Pizarras (Pinarense).	Reserva Natural	En uso

Las áreas relacionadas constituyen exponentes de la biodiversidad en cada tipo y ecosistema y su estado de conservación en todos los casos es buena, lo que garantiza la finalidad de la categoría de protección de destino, poseen un territorio que en muchos casos sobrepasa de las 100 has, aunque no tienen plan de manejo, excepto las que poseen la condición En uso. Todas han sido aprobadas en el nivel de Provincia, estando sujetas a otras gestiones para su oficialización

En la cuenca existen otros lugares, que por sus características, pueden ser propuestas en diferentes categorías de protección, ahora bien, en búsqueda de una atención detallada y un manejo dirigido hacia la investigación, pudiera proponerse áreas pequeñas, circunscritas a un número limitado de especies bajo estudio y así propiciar el tratamiento especializado para cada una acorde a su interés investigativo. Ejemplos son:

- Laguna El Toro – Humedal - Interés: Estudios de plantas endémicas o de distribución muy restringida.
- Sabana Paso de Piedra - Sabana – Interés: Manifestación de desertificación por proliferación de cactáceas.
- Desembocadura - Humedal - Interés: Dinámica Geomorfológico.
- Área presa El Mulo – embalse de cabecera. Interés: Estudio de la contribución al ciclo hidrológico del bosque de Pinos ubicado en alturas de pizarra. Evaporación desde la superficie libre de un embalse. Dinámica hidrotérmica.

Otras zonas a tener en cuenta, aunque de mayor amplitud territorial que las anteriores son El Cerro de Guanes, la zona de Paso Real de Guanes y la laguna La Culebra, ya que el valor faunístico en endemismos y especies vegetales meritan de sus estudios más detallados.

Como sugerencia, buscando soluciones no muy complejas y duraderas, se propone la creación de microrreservas protegidas con fines docente - investigativos, las que cuentan con un aval de utilización en diferentes países, lo que permite asegurar sus perspectivas positivas requiriendo que cumplan los requisitos siguientes:

- a- Superficie propuesta no mayor de 25 has. Localización geográfica por coordenadas en vértices.
- b- Objetivos concretos que se persiguen y posibles resultados a obtener en plazos o períodos
- c- Vinculación de los centros urbanizados o agrupaciones poblacionales con la gestión fundamental del área como parte del sistema de conservación y protección

Objetivos posibles a lograr en las microrreservas protegidas:

- 1- Ampliación de la cultura ambiental con acciones y actividades docente - investigativas dirigidas a las comunidades cercanas a la zona, con el resultado de la conservación por parte de los habitantes de estas comunidades rurales.
- 2- Recolección de semillas de especies priorizadas, logrando la creación de bancos de germoplasma de endémicos
- 3- Muestreos fitosociológicos periódicos logrando conocer y divulgar la dinámica poblacional de endémicos zonales determinando la necesidad de reforzamiento en áreas poblacionales endémicas.
- 4- Determinación sistemática de la evapotranspiración de los bosques para conocer su influencia en el ciclo hidrológico zonal y para la determinación de la evaporación desde la superficie líquida de los embalses para tener en cuenta las pérdidas ocasionadas en los volúmenes de entrega considerados para los embalses en uso o estudiados.
- 5- Atracción turística para actividades geobotánicas con diferentes finalidades contribuyendo con el financiamiento necesario a través de ofertas variadas a los asistentes al lugar, sin ocasionar impactos ambientales.

La ubicación de las microrreservas debe considerar las limitaciones naturales o impuestas que se presenten para la toma de medidas mitigadoras de sus impactos, así tendremos que considerar también las siguientes:

- Limitaciones a instalaciones y crecimientos urbanos en el área de protección.
- Limitaciones sobre el tránsito de todo tipo de vehículos dentro del área.
- No permitir vertederos de escombros y desechos urbanos o de otra procedencia.
- Limitar las actividades sólo a fines educativos, investigativos o conservacionista de las especies.
- Limitaciones a las actividades forestales y agropecuarias dentro del área, además de establecer una franja perimetral de protección al área contra las influencias de estas actividades en los exteriores a la microrreserva
- Se requiere del diseño de los caminos internos en el área para evitar el pisoteo en zonas frágiles o vulnerables con la elaboración de un reglamento sobre el comportamiento necesario en el área a fin evitar transgresiones por desconocimiento o falta de información a los visitantes.

Con estas indicaciones preliminares sobre la composición y estructura de estas microrreservas, consideramos que la legalización y puesta en marcha de esta propuesta, no sería un obstáculo al desarrollo de esta idea.

## 8.5 CONCLUSIONES.



Con respecto a la conservación de la diversidad vegetal, se presentan dificultades salvables en mayor o menor grado para garantizar la estabilidad futura de las especies que hoy pueblan el área de estudio, como son, entre otras:

- **Pérdida de áreas naturales.** Este es el principal problema del área, ya que se ha roto el equilibrio entre la naturaleza y el hombre. El mantenimiento de áreas naturales en esta región tan singular dentro de la geografía cubana, es una riqueza sustentable, que debemos conservar para el futuro, por lo que precisa de planes específicos de control, uso y manejo.
- **Bosques en actividad de producción forestal de especies exóticas en áreas frágiles.** Esta región es un medio inestable, y la creación de bosques con especies exóticas, sin el análisis de afectación que se produce en las áreas que se ocupan, provoca un efecto negativo a la diversidad vegetal.
- **Falta de cortinas rompevientos, cercas vivas y barreras verdes.** Este es un problema muy generalizado en toda la llanura. En el caso de esta región debe tenerse en cuenta la influencia del viento en la erosión de los suelos arenosos de este lugar y propiciar las rehabilitaciones a las cortinas rompevientos, pero con especies autóctonas, en especial el *Pinus tropicalis*, *P. caribaea* var. *caribaea*, *Quercus oleoides* ssp. *sagraeana*, *Hibiscus elatus*, u otras similares propias de esta región, los cuales pueden ser techados a la altura deseada. Las cercas vivas contribuirán con la detención de los procesos degradantes del lugar y un manejo adecuado de las áreas con cobertura herbácea como parte de la rotación de cultivos, permitirán la estabilidad que no se posee en la actualidad.
- **Colmatación y eutrofización de cuerpos y embalses de agua.** La colmatación es una consecuencia de la erosión existente en las pendientes alrededor de las depresiones que ocupan los cuerpos de agua, debido a la falta de barreras verdes y cordones forestales alrededor de éstas, que impidan el arrastre de las partículas de suelo, por lo que se necesitan franjas de protección hidroreguladoras, protegiendo embalses lagunas y humedales.
- **Destrucción de hábitats de endemismos.** Este problema no es que haya existido, sino que en nuestros días existe y es creciente. En parte el desconocimiento es el causante de este mal y que requiere de un tratamiento especializado que integre la necesidad con la cultura comunitaria para crear hábitos, habilidades y valores encaminados a la conservación del medio, mediante la instrucción ambiental de forma práctica y profesional.
- **La incomunicación de los relictos de áreas naturales o seminaturales.** Afecta directamente la atención para la conservación de la diversidad vegetal y como consecuencia existe un peligro potencial para el futuro.

## 8.6 RECOMENDACIONES.

Hasta el presente se han valorado los antecedentes, los problemas y las consecuencias de un período en que se ha explotado el territorio a espaldas de su vocación ecológica, queda entonces pendiente la propuesta de opciones tendientes a eliminar o paliar las causas, ya que crear conflictos con la naturaleza es fácil y lleva poco tiempo, pero resolverlos, resulta lento y a veces muy costoso. Las ofertas que se presentan no son costosas, pero los resultados no son inmediatos, sino mediatos y algunos a largo plazo, pero aseguran la rehabilitación ecológica que es la única posibilidad de la económica.

La solución comprende diferentes acciones para llevar a cabo un esqueleto de estabilidad ecológica:

- Acopio de semillas de endemismos y autóctonas arbóreas.
- Acopiar semillas de бага (Annona glabra) y lograr plántulas en viveros, que permitan tomarlas como patrón de otras anonáceas (chirimoya, guanábana y anón).
- Hacer los corredores forestales lineales, con especies autóctonas, en líneas de drenaje reales o supuestas que en su mayor porcentaje son tierras ociosas por su capacidad agrológica o constructiva. Estos corredores permitirán la creación de bosques lineales que enlacen los relíctos que aún cuentan con especies autóctonas y endemismos propios de los ecosistemas que cubrían esta región con especies como el Pinus tropicalis (pino hembra), Quercus oleoides ssp sagraeana (encino), Calophyllum antillanum (ocuje), Anacardium occidentale (marañón), Copernicia galbrescens (guano blanco), Coccothrinax miraguama y otros.
- Creación de cortinas rompevientos, entre los campos de cultivo, que deben ser del tamaño más pequeño que las normas técnicas del cultivo permita.
- Sembrar cercas vivas en los cuarterones de ganado y entre campos de cultivos agrícolas, los cuales deben ser del tamaño más pequeño que las normas indiquen.
- Sembrar Barreras verdes en los campos de cultivo no permanentes por mínima que sea la pendiente, no es el caso de utilizar las barreras verdes como tradicionalmente se hace, para evitar la erosión por escorrentía, en este caso es evitar la erosión eólica.
- Escoger las áreas lacuno-palustres que permitan el crecimiento del bagá, para obtener producciones significativas de frutos de anonáceas.
- Seleccionar las áreas medianas, que queden entre los corredores forestales, para el cultivo de frutales permanentes (marañón), o áreas pequeñas para el cultivo de frutales (fruta bomba).
- Seleccionar áreas no mayores a una hectárea, entre las que quedan entre los corredores forestales, para el cultivo de especies forestales productivas exóticas.
- Hacer efectivas las indicaciones del MINAGRI, con relación a las franjas forestales alrededor de los corrientes, cuerpos y embalses de agua, pero con especies autóctonas y endemismos.
- Llevar a cabo labores de Educación Ambiental, en Centros de Trabajo y Estudio, así como en comunidades rurales y urbanas como vía para garantizar la acción consciente en la protección ambiental zonal.

## CAPÍTULO IX: EDUCACIÓN AMBIENTAL, PRÁCTICA Y PROFESIONAL

### 9.1 INTRODUCCIÓN.

La participación consciente de las comunidades en el logro de los objetivos planteados, se sustenta en los resultados del diagnóstico de la cuenca y ha sido corroborado en los trabajos de terreno llevados a cabo y que contaron con encuestas y entrevistas en diferentes asentamientos poblacionales, además se apoya en la Estrategia Nacional de Educación Ambiental y en la de Lucha contra la Desertificación y la Sequía ambas contenidas en la Ley No. 81 de Medio Ambiente.

Se proyecta hacia los postulados generales de conservación y uso sostenible de los recursos naturales de suelo y agua, dentro de los principios del desarrollo del país, bajo un enfoque integrador de los aspectos físicos, químicos, biológicos y socioeconómicos que confluyen en los procesos degradativos del entorno de las comunidades y de la región.

La aplicación de los componentes concebidos para esta dirección de trabajo, ha de ser consecuente con los principios y acciones que den respuesta a lo establecido en las convenciones sobre Diversidad Biológica, Cambio Climático y otros convenios ambientales con los cuales se vincula la Convención Internacional de Lucha contra la Desertificación y la Sequía, su anexo de aplicación regional y sobre todo con las acciones y estrategias definidas por Cuba para la aplicación nacional de las directivas que emanan de dichas convenciones, tal como planteara el Gral. de Ejército Raúl Castro Ruz, Ministro de las FAR y Segundo Secretario del PCC, en el Consejo Nacional de Cuencas hidrográficas celebrado en la provincia de Granma en Febrero del 2001, *“aun se requiere mayor divulgación, educación ambiental y control de estas tareas en beneficio del medio ambiente”*.

Su realización en las comunidades de la cuenca, afrontará los desafíos siguientes:

- Instruir sobre la prevención o detención del desarrollo de los procesos degradantes en áreas poco afectadas, la conservación de áreas en buen estado y la rehabilitación de la fertilidad de las áreas degradadas, mediante la enseñanza teórico - práctica de las medidas de conservación, corrección, rehabilitación y saneamiento adecuadas al estado real de cada lugar.
- Instruir acerca de la utilización de la información climática zonal para la prevención de la ocurrencia casual, temporal o prolongada de situaciones climáticas extremas en cuanto a las lluvias y las medidas a tener en cuenta en cada caso (Efecto de la intensidad de las lluvias. Alteraciones del escurrimiento en el cauce. Uso de estructuras hidro reguladoras).
- Instruir sobre la legislación ambiental vigente y sus implicaciones aplicadas en el contexto sociológico de las comunidades rurales y asentamientos urbanos tributarias de las cuencas hidrográficas, como vía para ampliar la cultura ambientalista y su relación con los valores éticos establecidos.
- Adiestrar en la aplicación de estas instrucciones a las representaciones líderes de cada comunidad para lograr una dirección consecuentemente preparada para el control de las medidas que se precisen en cada caso.

## 9.2 PROPUESTA DE PROGRAMA PARA INSTRUCCIÓN AMBIENTAL.

El programa que se propone se estructura en etapas instructivas que se aplicarían acorde con los niveles escolares medios existentes en cada esfera de alumnos, ya que este proyecto permite la incorporación de todas las personas adultas de la comunidad tanto para las de trabajos domésticos como a las de las esferas productivas, administrativas y de dirección o liderazgo, es decir para el personal de incidencia directa en los efectos que se reflejan en el estado actual del ambiente lugareño. Estas etapas instructivas son:

- **Talleres especializados de carácter zonal.**

Los talleres serán dirigidos hacia los aspectos fundamentales necesarios para cada comunidad, tales como:

- Uso, Manejo y Conservación de suelos.
- Tratamientos a los residuales sólidos y/o líquidos.
- Medidas de mejoramiento cualitativo del agua para su consumo.
- Saneamiento higiénico - sanitario comunitario y puntual.
- Aplicaciones farmacológicas de las especies florísticas locales.
- Legislación ambiental, actualidad y perspectiva.
- Cuidado y conservación de especies vegetales amenazadas o en extinción.

Estas temáticas serán tratadas por profesionales especialistas en su contenido y poseerán las formas y consideraciones didácticas necesarias para hacer posible el proceso enseñanza - aprendizaje, teniendo en cuenta que el auditorio estará integrado por líderes comunitarios de procedencia campesina y otros participantes de la misma naturaleza, ya que estos talleres serán impartidos en las comunidades rurales del territorio que se estudia, la forma docente a emplear será la conferencia con intercambio de experiencias como elemento retroalimentador del ponente, la base material necesaria se confeccionará en función de las condiciones del lugar seleccionado para la realización del taller, de contar con electricidad, se podrán proyectar videos, fotos, esquemas, etc. La duración de cada exposición no sobrepasará de la hora y media y no se impartirán más de dos conferencias en cada sesión del taller.

Se establece una frecuencia mensual para cada par de conferencias con la finalidad de poder evaluar el alcance de la instrucción anterior y su repercusión en el actuar de los miembros de las comunidades.

### ***Propuesta de actividades para el desarrollo de la educación ambiental utilizando como dispositivo la conservación ex situ de especies amenazadas (dos ejemplos).***

#### **1. *Juniperus lucayana* Britt., Familia: Cupressaceae.**

##### **Nombre Común: "Sabina".**

Se iniciará con las características botánicas de la especie y datos de su distribución y hábitat. Como ejemplo de realización:

Es un árbol con hojas pequeñas, escuamiformes y a veces aciculares en la misma planta; presenta los estróbilos femeninos carnosos, de color verde azulado y aromático. Es una especie que originalmente se extendía ampliamente en la provincia de Pinar del Río; pero fue despiadadamente explotada para utilizar sus maderas

preciosas y perfumadas para confeccionar objetos de arte y hasta en la explotación de carbón vegetal. Solo se localizan escasos ejemplares que se cultivan en las ciudades como ornamentales.

**Objetivo:** motivar a los alumnos en la conservación de una especie que se encuentra en peligro de extinción en su medio natural en la provincia de Pinar del Río.

#### **Orientaciones metodológicas:**

Utilizando los elementos planteados anteriormente se promoverá el trabajo con los participantes, que consistirá en la colecta de las semillas, observaciones ecológicas y fenológicas, toma de muestras de suelos, creación de viveros, cultivo y reintroducción de las plantas en los sitios originales de distribución.

## **2. Colpothrinax wrightii Griseb. ex Wendl. Familia: Arecaceae.**

**Nombre común:** “Palma Barrigona”.

Es una palma con tallo ventricoso en edad adulta y cuando es joven cilíndrico y cubierto por las vainas fibrosas de las hojas. Las hojas formando un penacho en el ápice del tallo, son palmeadas; flores numerosas en racimos de espigas compuestas, cubierto por una espata; fruto en drupa. Es una especie endémica propia de Pinar del Río y de la Isla de la Juventud, declarada vulnerable por la IUCN (1989).

**Objetivo:** promover en los participantes el interés por la conservación de esta especie amenazada de extinción.

#### **Orientaciones Metodológicas:**

*Utilizando diapositivas se conducirá a los alumnos a la observación en los cambios que se evidencian en el aspecto de una palma barrigona en condiciones normales de desarrollo y las poblaciones afectadas por el hombre. Se llamará la atención sobre los múltiples usos de la especie como son: cobijas, para hacer escobas, en construcciones, así como los suelos en que habitan para cultivos, minería y ganadería. Una vez que los participantes reconozcan la verdadera amenaza que significa para la especie la sobreexplotación a que está sometida, se les invitará para que propongan medidas para la conservación de la planta en estudio. El trabajo consistirá en el estudio de las condiciones ecológicas, donde se desarrolla la especie, la fenología, obtención de semillas, la creación de viveros, el cultivo y la reintroducción de las plántulas en los sitios originales de distribución de la especie.*

- **Diplomado de instrucción ambiental.**

El cuidado, conservación, rehabilitación y recuperación de los ecosistemas agropecuarios y forestales, en el mundo de hoy, requiere cada día más de personas con pleno dominio de un sistema de conocimientos y habilidades, tanto técnicas como económicas, teóricas y prácticas, que les permitan desarrollar con eficiencia todas las actividades inherentes a éstas, dado por el vertiginoso avance científico - técnico actual y además por la presencia constante de un clima cambiante e inestable que nos obliga a las decisiones rápidas, adecuadas y en correspondencia con el deber social de conservar para el futuro de manera que podamos contribuir al desarrollo sostenible en esta esfera productiva de alimentos para todos.

Este diplomado va dirigido a instruir sobre temáticas medioambientalista a profesionales, técnicos y dirigentes de las instituciones, a los líderes y activistas de las organizaciones de base comunitarias y productivas vinculados a la producción en diferentes esferas y a los que han de contribuir con la comunidad a fin de lograr elevar el nivel de vida del hombre así como el aumento de los indicadores productivos de cada zona.

Se basa en el aval que brinda el diagnóstico realizado en la cuenca hidrográfica del río Cuyaguaje, dirigido a la capacitación, mediante la instrucción técnica profesional, acerca del saneamiento ambiental integral que requiere de resultados concretos e inmediatos.

- **Objetivo central.**

Contribuir a la capacitación de los profesionales, técnicos y dirigentes de las instituciones productivas y de las organizaciones de masa así como de los líderes comunitarios vinculados con el uso y manejo de los recursos naturales de suelo y agua, mediante la instrucción teórico práctica dirigida al saneamiento ambiental integral como vía para la elevación de la calidad de vida en las comunidades de la cuenca, propiciando el logro de un desarrollo sostenible.

Debido a la acumulación de impactos ambientales registrados y a las posibilidades regenerativas que presenta la zona, además de la receptividad mostrada por los moradores de las comunidades visitadas, de los líderes comunitarios y de los gobiernos municipales, se consideró sobre las temáticas a tratar en el diplomado que éstas debían propiciar la aplicación de sus indicaciones de forma práctica y al mismo tiempo fueran factibles en su realización considerando el nivel académico de los actuantes directos en sus respectivos lugares, de tal manera que las temáticas a tratar se relacionan como sigue:

<b>Temáticas. Componentes genéricos</b>	<b>Horas</b>
1- Ordenamiento Integral comunitario-----	60
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potencialidad – utilidad.</li> <li>• Recursos renovables y no renovables en la comunidad.</li> <li>• Evaluación de los factores climáticos zonales y sus consecuencias.</li> </ul>	
2- Saneamiento ambiental integral -----	60
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suelos de la localidad. Condiciones actuales.</li> <li>• Medidas de saneamiento edafológico según impacto presente.</li> <li>• El agua y la vida comunitaria. Realidades y perspectivas.</li> <li>• Calidad del agua para sus diferentes usos.</li> </ul>	
3- Legislación ambiental. Generalidades -----	30
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Repercusión sociológica en comunidades rurales.</li> </ul>	
4- Desarrollo Sostenible. Ecología y Economía-----	60
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso y manejo del suelo. Estrategia de sostenibilidad comunitaria.</li> <li>• Plan de uso del agua por tipo de usuario (Abasto, riego, industria).</li> </ul>	

- Uso y manejo de la flora comunitaria (Alimenticia, industrial, medicina).

#### 5- Tratamiento de residuales ----- 60

- Situación actual en la comunidad, perspectivas.
- Residuales sólidos (industriales - comunales). Indices de contaminación
- Residuales líquidos (industriales - comunales) Indices de contaminación
- Reciclaje, beneficios y daños ambientales.

#### Horas lectivas totales del diplomado ----- 270

### 9.3 IMPACTO SOCIAL.

Este diplomado prepara a los participantes para desarrollar su gestión conservacionista de los recursos naturales y en la búsqueda de soluciones a las condiciones actuales de los recursos de suelo y agua existentes en la cuenca y sobre todo en el enfrentamiento a la problemática a que nos convoca la necesidad de lograr un desarrollo con carácter sostenible que garantice la continuidad histórica de nuestros principios y reserve para las generaciones futuras las posibilidades de una vida mejor, se apropiará de conocimientos teóricos y prácticos de forma tal que ello influya en los cambios cualitativos y cuantitativos de la institución o comunidad donde desempeñe su labor.

### 9.5 ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS Y ORGANIZATIVAS.

Los diferentes módulos (temáticas) del diplomado se organizarán con el predominio de conferencias y talleres, de manera que propicien el intercambio de experiencias, el debate científico - técnico, psicopedagógico y metodológico y la búsqueda de soluciones a problemas vinculados con la materia y de carácter comunitario que propicia el intercambio bilateral ampliando el rango de importancia en cada caso, se introducen las actividades de carácter investigativo en actuaciones independientes de los diplomantes como aspecto esencial del éxito de estos cursos. Cada temática tendrá el carácter de Curso de Capacitación y Adiestramiento, que podrá ser impartido en forma concentrada o por encuentros dosificados y combinando temáticas que se complementen en su contenido y aplicación como vía metodológica para la presentación práctica de la relación intermaterias.

#### • Claustro de profesores.

Lo conforman profesionales docentes y de la esfera productiva (adjuntos) con la preparación científica - técnica y metodológica requerida con categorías docente de Titulares. Auxiliares y Asistentes los que en muchos casos ostentan categoría científica de Doctores en Ciencias y/o académica de Master en Ciencias. La plantilla del claustro y el curriculum de cada uno de ellos será entregada a las direcciones municipales para su análisis y aprobación final en la fecha de realización de esta propuesta.

#### • Categorización de los participantes.

Graduados universitarios que se desempeñen como profesores en Institutos Politécnicos Agropecuarios o dedicados a la producción en las ramas de industrias o agropecuaria y forestal que se vinculen con los recursos de suelo y agua. Los presidentes de los consejos populares y los dirigentes municipales del gobierno y organizaciones de masa. Cada grupo de diplomantes no ha de sobrepasar los 25 alumnos.

- **Sistema de evaluación.**

Cada curso evaluará su contenido partiendo del banco de problemas ambientales que se observe en la zona en el que cada alumno seleccionará un problema y buscará la solución correspondiente, y de ser necesario, dará su criterio acerca de una situación problema que presente el profesor de la temática que se evalúa. La evaluación final será mediante la presentación de un trabajo final integrador con una tesilla de no más de 15 cuartillas la que se podrá proponer para participar en eventos de categoría superior. Una vez presentada al tribunal se emitirá la evaluación final y se entregará un diploma acreditativo de su resultado.

- **Recursos y medios.**

Se requiere disponer de locales apropiados, en el caso de la cuenca en estudios se gestionará la utilización de los IPA de Sandino, Minas y Viñales, en los que se ubicarían alumnos y profesores una semana cada dos meses, es decir, la gestión incluye lo necesario para la vida en ese tiempo.

Papel para impresiones de folletos y programas y los medios de proyección de transparencias, fotografías y videos, completando con láminas, gráficos y tablas.

- **Bibliografía a utilizar.**

Cada programa en su temática, relacionará la fuente de información requerida para el estudio de su contenido pudiendo estar integrada por: Obras de Texto, Artículos publicados, trabajos profesionales, etc. es decir que en cada materia se tendrá en cuenta la actualización, vigencia y correspondencia de la fuente con la materia y se recomendará en el momento oportuno.

Las consideraciones finales acerca del contenido de esta intención formativa en los aspectos ambientales directamente vinculados a las comunidades serán avaladas por los resultados positivos que de seguro se obtendrán de su concreción y aplicación.

Como parte formadora y al mismo tiempo para su perpetuidad en el tiempo, en cada uno de los centros en que se impartan estos talleres y diplomado, se iniciará cada curso con la siembra o plantación de un árbol por participante los que serán seleccionados acorde con las especies amenazadas de extinción que poblaron, en un tiempo atrás, la zona del centro, durante la ceremonia inicial de esta tarea se informará de la importancia del acto y de las particularidades de la o las especies que se plantan para que de esa manera se amplíe el conocimiento acerca del porqué de esta instrucción ambiental en forma práctica y profesional.



## CAPÍTULO X: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 10.1 CONCLUSIONES.

Las características del tema tratado en esta tesis se han presentado con ejemplos de realización de forma directa y condicionada a las exigencias de su propio contenido que, debido a su concepción de relaciones entre el medio, el hombre y las plantas, permite introducir nuevos conceptos organizativos y al mismo tiempo, presenta las modificaciones y adecuaciones necesarias para el uso y aprovechamiento de la información ambiental existente, imprescindible para todo análisis territorial en función de los recursos naturales de una zona y del desarrollo social en la esfera rural.

De esta manera queda integrada la comunidad al proceso de uso y manejo de los recursos naturales de que dispone el territorio. Al participar en la elaboración de planes y realización de proyectos ejecutivos de carácter socioeconómico, establecerá el orden y el alcance del proceso productivo que propiciará el desarrollo, toda vez que los análisis realizados se ejecutan en las partes que componen la cuenca y que enmarcan un territorio denominado subcuenca, la que tomamos como unidad básica territorial de estudio o de producción.

Con los datos elaborados a partir de los estudios que anteceden y teniendo en cuenta la o las tendencias vocacionales del territorio y de las posibilidades de realización a corto, mediano o largo plazo, se realiza el diagnóstico integrado a partir de la caracterización del medio físico en el área de estudio, lo que permite la elaboración de alternativas de solución factibles de lograr en cada etapa del cronograma que se conciba en cada zona o subcuenca. El uso y manejo del recurso agua y su vinculación con el desarrollo regional, brinda la posibilidad de nuevas gestiones integradoras del uso del territorio al recomendar su ocupación a partir del principio de la vocación o adaptabilidad de las especies vegetales a las condiciones naturales a fin de relacionar éstas con las necesidades naturales de los cultivos y hacer que se obtengan valores aceptables en cuanto a producción y rendimientos de los mismos.

Las valoraciones acerca de la evapotranspiración del dosel vegetal del territorio y su vinculación con la ecuación de balance de los recursos hídricos hace que, como elemento novedoso se tenga, para la determinación del escurrimiento de los ríos en función de las precipitaciones que se suceden en las regiones de alturas de pizarras o de cualquier otra zona con carácter de sustratos impermeables, se aplique la ecuación obtenida en los estudios de la presa El Mulo, corroborada en la estación V Aniversario, y que permite la validación de la presentada por Batista para la región occidental de Cuba, de esta manera quedaría su aplicación para los estudios de caso que mejor convengan a los datos necesarios en cada una de las ecuaciones estudiadas.

Con el uso de los embalses de cabecera como parte de las investigaciones de los factores hidrológicos que intervienen en el ciclo del agua, se logran utilizar, sin costo adicional, obras de alto costo material y una infraestructura que cumple funciones auxiliares de control y mantenimiento de los parámetros de diseño, recibiendo, en cambio, los resultados de los balances realizados que permiten el ajuste de los valores de uso y manejo del agua en el plan de explotación que sobre el embalse se realicen, además de crear un punto de interés investigativo que amplía esta actividad en todos los lugares en que se encuentren estos embalses.

El control de las avenidas provocadas por las lluvias que ocurren en el territorio de la cuenca, permite la elaboración de planes y medidas que contrarrestan el posible impacto a recibir en las zonas inundables, sobre todo en lo referido al aspecto social y al económico ya que su cumplimiento posibilita disminuir los efectos de eventos extraordinarios eventuales así como en aquellos previstos en los sistemas de monitoreo y pronóstico de situaciones anormales de las lluvias.

La propuesta de ampliar el número de áreas protegidas existentes en la región, permite establecer nuevos puntos de estudio e investigación y bajo las regulaciones existentes para estos espacios, crear una nueva categoría de micro área protegida con los principios y regulaciones enunciadas en el texto para contribuir con la conservación de las especies amenazadas en aquellas zonas de difícil acceso o que se ubican en condiciones de constante amenaza de afectaciones dadas por los programas de uso y manejo de los territorios en todos los casos con las perspectivas de integrar a los comunitarios de cada zona en el proceso de conservación y en el sistema nacional de control de la flora y la fauna.

La posibilidad de conocer la ubicación de las especies amenazadas en la cuenca estudiada la brinda el Mapa de Vegetación de manera fácil y rápida lo que incentiva al Ecoturismo dada la diversidad vegetal existente con especies únicas y de gran valor científico e investigativo.

El estudio de caso en el municipio de Minas, sirve de referencia para la realización de los planes de ordenamiento territorial permitiendo evaluar con mayor precisión los resultados agro productivos a obtener y al mismo tiempo permite evaluaciones sobre el recurso agua en función del desarrollo rural integral que le confieren un alto valor social y económico además de establecer la línea metodológica como guía para su aplicación en cualquier lugar en desarrollo.

La concepción de la educación ambiental en forma de instrucción permite establecer las medidas de control de los efectos negativos que hoy presentan los suelos y las aguas y al mismo tiempo, la preparación de las comunidades en lo concerniente a la forma práctica de evitar o aliviar los impactos que produce la actividad del hombre sobre el medio en los diferentes ecosistemas en los que trabaja, y en lo fundamental, utiliza estructuras establecidas en cada zona lo que permite el uso ampliado de estas instalaciones educativas y las convierte en los centros promotores de la instrucción ambiental de forma práctica y profesional.

La necesidad de continuar con el control de la evaluación de impacto ambiental en todo proyecto a ejecutar en la zona sobre todo en los que procesan productos y emiten elementos contaminantes al agua y al suelo así como sobre los que modifican o manejan los recursos naturales de que dispone el territorio a partir de la determinación previa del potencial de uso de los recursos que conforman cada ecosistema combinados con las proyecciones incidentes sobre ellos, en los que se considere de manera permanente las necesidades hídricas de los mismos y se establezca el gasto sanitario o escurrimiento ecológico necesario para el mantenimiento de la diversidad presente en cada caso.

## 10.2 RECOMENDACIONES.

Las demostraciones realizadas de la posibilidad de uso y adaptación del modelo propuesto en cada aspecto tratado, a las condiciones temporales o permanentes de un lugar y su relación potencial de productividad, de uso ampliado del recurso natural y de su proyección en el tiempo, permiten sugerir lo siguiente:

- 1- Estudiar las condiciones del medio físico del área de estudio como complemento para la realización de los trabajos de terreno de carácter socioeconómicos a fin de introducir la influencia de los factores del medio en el comportamiento productivo de los recursos vegetales.
- 2- Utilizar la ecuación indicadora de la disminución del rendimiento (DR) en la etapa de planificación del ordenamiento territorial.
- 3- Considerar la inclusión de las subcuencas como unidad básica territorial en cada una de las cuencas que se estudien, dividiendo éstas en razón del orden de corrientes que conforme su estructura hidrológica.
- 4- Considerar en la ecuación de balance hídrico para la determinación de la evapotranspiración de la cubierta vegetal, las adecuaciones realizadas en este trabajo con respecto al parámetro evaporación.
- 5- Considerar el uso de los embalses de cabecera construidos en áreas de pizarra o en sustratos muy poco permeables en las comprobaciones del balance hídrico de las zonas en que se ubican.
- 6- Valorar la ecuación de cálculo del escurrimiento para subcuencas impermeables aplicándola en los casos en que se elaboren planeamientos hidráulicos en su etapa inicial, permitiendo su validación durante y después de la construcción del embalse.
- 7- Utilizar el mapa de vegetación de la cuenca, como referencia para nuevos mapeos o como base de guía en los derroteros y senderos ecoturísticos de las cuencas que se estudien.
- 8- Establecer la instrucción ambiental comunitaria acorde a las características locales y a su actividad productiva utilizando a los Institutos Politécnicos Agropecuarios, como centros promotores de esta actividad, elevando la categoría social del centro y de los profesionales que lo forman, contribuyendo con la elevación de la cultura general para todos los participantes.

## BIBLIOGRAFÍA

- Academia de Ciencias de Cuba (1973): Génesis y clasificación de los suelos de Cuba. Consejo Editorial de la Academia de Ciencias. La Habana pp. 253-254.
- Acevedo, M. (1980): Geografía Física de Cuba. Tomos I y II. Edit. Pueblo y Educación, La Habana, pp 313.
- Alain, Hno. (1953): El endemismo de la Flora de Cuba. Mem. Soc. Cub. Hist. Nat. 21(2):187-193
- Alarcón R. – Discurso en las Naciones Unidas. Río+5- Junio 97
- Alvarez, A. y C. Sánchez (1985): Plantas interesantes de la laguna del “Jovero”, Sandino, Pinar del Río. Rev. Jard. Bot. Nac. 6(1):109-115.
- Anotaciones acerca de la participación de Cuba en las tareas de la Agenda 21 – Marzo 1993.
- Archivos de la fábrica de Licor de Guayabita del Pinar.- Actas de constitución.
- Ávila Herrera J. Et al. Ecología y Silvicultura. Poligráfico Juan Marinelo 1985
- Avila. J. Ecología y Silvicultura. Ed. Pueblo y Educación - 2da. Ed. 1995.
- Barrera Becerra A, Informe hidrológico del río Cuyaguatzeje. INRH P.del Río 2001.
- Bellati J. Et al. Recuperación de áreas deprimidas inundables mediante el ordenamiento en cuencas organizadas o módulos. Inst. Nac. De Tecnología Agropecuaria. Argentina 1980
- Bellot J; Avila A; Rodrigo A. Throughfal and stemflow. Alicante. España. 1998.
- Betancourt Barroso A. Silvicultura especial de Árboles maderables Tropicales
- Bisse J. Árboles de Cuba. Edit. C.yT. Habana 1988
- Bonet, A. (1997): *Espacios Naturales Protegidos. Folleto del curso post grado. Dpto de Ecología. Universidad Alicante. España.*
- Borhidi, A. (1996): Phytogeography and Vegetation Ecology of Cuba. Akademiai Kiado. Budapest, 858 pp.
- Borhidi, A. y O. Muñiz (1983): Catálogo de plantas cubanas amenazadas o extinguidas. Acad. Cienc. de Cuba, 66 pp.
- Borhidi, A. y R. A. Herrera (1977): Génesis, características, y clasificación de los ecosistemas de sabanas en Cuba. Cienc. Biol., 1:115-130.
- Bosch J; Hewlett J. A review of catchments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration. Journal of Hydrology. 1982.
- Brown L. Un Mundo Sustentable. Edit. Planeta. Biblioteca ecológica. Argentina 1994
- Bruenig E. Conservation and Management of Tropical Rainforests. Cambridge. U.K. 1998.
- Bulat V.G. Recomendaciones para calcular el escurrimiento máximo en los ríos de Cuba.
- Capote, R. P. y R. Berazaín (1984): Clasificación de las Formaciones Vegetales de Cuba. Rev. Jard. Bot. Nac. 5 (2):27-76.
- Casas R. Criterios para el diseño de prácticas de control de la erosión hídrica en la región
- Castro Ruz F.- Discurso en la Cumbre de la Tierra – Río Janeiro – 92
- Cejas, F. y P. Herrera (1995): El endemismo de las sabanas de las arenas blancas (Cuba Occidental). Fontqueria 42:229-242.

- Centella, A. (1997): *Variaciones y cambios del clima en Cuba*. Centro Nacional del Clima. Instituto Nacional de Meteorología. Ministerio de Ciencias Tecnología y Medio Ambiente. Habana. Cuba, pp. 6-25.
- Cid Lazo G. Aspectos generales sobre la infiltración del agua en los suelos. Minagri Habana 1988
- Ciencias de la tierra y del Medio Ambiente.
- CITMA (1997): Estrategia Nacional de Educación Ambiental. CITMA, CIDEA. 36 pp.
- CITMA-UNESCO. Estrategia Nacional de Educación Ambiental
- Código Civil – Ley 59/87.
- Código Civil. Ley No. 59 – Minjust
- Código de la Ética de los Cuadros del Estado
- Colectivo de autores Atlas Climático de Cuba. Edit. Academia Habana 1987
- Colectivo de autores Atlas de Cuba. Edit. Academia Habana. 1979
- Colectivo de Autores. – Manual de Ordenamiento Ecológico del Territorio.- Sec. Ecología-Méjico – 1994.
- Colectivo de Autores. Agroecología y Agricultura Sostenible. ISCAH Habana 1997
- Colectivo de autores. Conservación de Suelos. Minagri Habana 1979
- Colectivo de autores. Economía Forestal. MES 1986
- Colectivo de autores. Erosión de los suelos. Minagri Habana. 1984
- Colectivo de autores. Fac. Economía. Tablas de funciones Estadísticas. UPR 1985
- Colectivo de Autores.- Indicaciones acerca del programa de Sostenibilidad Agrícola y Forestal para A.Latina y el Caribe-FAO 1995.
- Colectivo de Autores.- Indicaciones acerca del programa de Sostenibilidad Agrícola y Forestal para A.Latina y el Caribe-FAO 1995.
- Colectivo de Autores.- Informe de la consulta sobre Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente en los sectores Agrícola, Forestal y Pesquero de A.Latina y el Caribe-FAO – 1994.
- Colectivo de autores. Instructivo: Uso Consuntivo, método de Thornthwaite.
- Colectivo de Autores.- La pobreza rural en los años 90. Edición Especial de la Revista D.R.- Enero 94 No. 15 – Sub-Comité de Desarrollo Rural – UN CAC FAO.
- Colectivo de autores. Manual Práctico de Hidráulica. Hidroeconomía Habana. 1991
- Colectivo de autores. Micropresa Cuyaguaje I- Informe técnico. Iproyaz 1988
- Colectivo de Autores.- Necesitamos Ayuda, pero no somos mendigos. Rev. CERES No. 1-146 Vol. 26- ¾ -94 – FAO.
- Colectivo de autores. Manual de Interpretación de los Suelos. Minagri - Habana. 1977
- Constitución de la República de Cuba.
- Coop. Extension Service. College of Agriculture. University of Illinois - Circular 1220 “Estimating Your Soil Erosion Losses with the Universal Soil loss equation (USLE)”
- Coraza R, Quintero E. Agrometeorología. Univ. Central Las Villas 1991
- Daenayer S. Autoecología. Conferencia Universidad de Bruselas. 1998
- De Simon E. Diseño de nuevas repoblaciones en cuencas. Conferencia Alicante España. 1996.
- De. C.T. Habana 2da edición 1999.

- Del Risco E. y V. Samek. (1984): Estudio fitocenológico de los pinares de Pinar del Río y su importancia práctica para la silvicultura. *Acta Bot. Cub.* 20:17-28.
- Desarrollo a Escala Humana - Max Neef M.A. – 1996
- Díaz, M. A; A. T. Leiva y A. E. Medina (1981): Contribución al estudio de los ecosistemas de arenas blancas en la provincia de Pinar del Río. *Rev. Jard. Bot. Nac.* 2(2):115-149.
- Diccionario Botánico del Dr. Juan Tomas Roig.
- Directrices sobre la PLANIFICACION DEL APROVECHAMIENTO DE LA TIERRA.
- Duranza A. Estimación de la Evt potencial por el método de Penman. *Hidroeconomía* 1985
- Ecología y Silvicultura . Avila Herrera y Col. 1985.
- Economía de los Recursos Naturales y del Medio Ambiente.
- Economía Política del Capitalismo. Edit. Ciencias Sociales
- Economía Política del Socialismo. Edit. Ciencias Sociales
- Economía Verde - Jacoles M. – 1997
- Enciclopedia Encarta 99. Cuencas y Corrientes. Microsoft Corp. 2000
- Escarré A. y Equipo Oikos.- Santillana S.A. Madrid, España. 1997
- Escarré A; Roda F; Terradas J. Nutrient distribution and cycling. Alicante 1998
- Escarré; Lledo M.J; Sanchez J; Clemente A; Bellot J; Esclapés A; Rovira A. *Revista del Jardin Botanico Nacional.* España. 1984.
- FAO Conservación 13/1 Roma 1986 (Español)
- FAO Conservation 13/2 Roma 1986 (Inglés)
- FAO Estudio Montes 112 Evaluación de los recursos forestales . Países Tropicales. 1995
- FAO Estudio Riego 24. Las necesidades de agua de los cultivos. Roma 1977
- FAO Evaluacion de los recursos forestales 1990. Rooma 1995.
- FAO Unasylva No. 164 Vol. 42 No. 164 - Ordenamiento de Cuencas hidrográficas. 1991.
- FAO Unasylva No. 169 Vol. 43 No. 1659-, La Sostenibilidad. 1992
- FAO.- Desarrollo 1.-Servicio de Recursos, Manejo y Conservación de Suelos. -Roma 1994
- Fernandez G. Evaluacion de Beneficios de la Restauracion Hidrologico – Forestal. Conf. 1997
- Fernández, M., A. Urquiola y P. Herrera (1997): Espermofitología. Curso post grado impartido en la Maestría de Ecología y Sistemática.
- Fonseca J; Sotolongo B. Efectos del riego sobre los rendimientos. Habana 1986.
- Font Quer P. Diccionario Botánico. Edit. Labor Barcelona. 1975
- Franco, M. (1996): Pedología. Curso post grado impartido en la Maestría de Ecología y Sistemática.
- Gaceta Oficial de la República de Cuba (1997): Ley No. 81 de Medio Ambiente, pp. 47-68.
- Génesis y Clasificación de los Suelos de Cuba (1973): Academia de Ciencias de Cuba. La Habana, pp. 253-264.
- Giffiths, H. Carbon isotope discrimination. . (1993)
- Golley F; Bellot J. Rural Planning from an Environmental Systems. Perspective. Massachusetts. 1999
- Gómez Orea D. Evaluación de Impacto Ambiental. Madrid 1994.
- Gómez Orea, D.- Planificación Rural .-Edit. Agrícola Española, S.A.-1997.
- González Jiménez O. Experimentación Forestal. MES Habana/ 1986

- Gracia C; Sabaté S; Tello E; Bellot J. GOTILWA: an integrate model of water dynamics and forest growth. Alicante. España. 1998.
- Hall & Chapman. (eds) Photosynthesis and production in a changing environment. UNEP. 1998
- Hernández E. Drenaje y Obras de Fabrica. Edic. P y Educ. Habana. 1988
- Hidalgo Moratat M. Economía y Ecología. Univ. de Alicante. España 1997
- hidráulico. Habana. 1978
- Ibañez J.J; Lledó M.J; Sanchez J.R.; Rodá F. Stand structure, aboveground biomass and production Alicante. España 1998.
- Instructivo Sanitario. Saneamiento Básico Ambiental. Minsap. Habana. 1998
- IUCN (1994): Categorías de las listas rojas de la IUCN, 22 pp.
- Ivanov Z. Experimentación Agrícola. Edit. Pueblo y Educación. Habana 1986
- Jansa Guardiola J,M. Climatología. ICL Habana 1974
- Juan R; Dehogues E; Tzenova L. El Riego. Habana. Cuba 1996.
- Juarez C. Recursos, usos, gestion y modelos de suministro de agua en Alicante. España 1992.
- Kartashov, I. P. y Mayo, N. A. (1972): Algunas particularidades de la estructura de los depósitos del Cuaternario de Cuba central y occidental. Serie Geol. 10: 1-9.
- Keith D. Ground water Hydrology. Edic. R. 1970
- Kellman M; Tackaberry R. Tropical environments. London. 1997
- Kimmins J. Forest Ecology. New Jersey 1996.
- Kulicov V. Rudnev G. Agrometeorología Tropical. C y T. Habana 1980
- La Pobreza Rural en los años 90. Revista D.R. - Enero 94-No. 15.
- Lee R. Forest Hydrology. Columbia University. USA. 1980.
- León, Hno. (1946): Flora de Cuba I. Cont. Ocas. Mus. Hist. Nat. La Salle, 8: 1-441.
- León, y Hno. Alain (1951): Flora de Cuba II. Contr. Ocas. Mus. Hist. Nat. La Salle, 10:1-456.
- Ley 81/97 – Del Medio Ambiente.
- Ley del agua.
- Lopetegui, C. A. (1996): Caracterización climática de la cordillera de Guaniguanico. Centro Meteorológico Provincial de Pinar del Río. Ministerio de Ciencias Tecnología y Medio Ambiente pp.
- Lopez Cadena F, El bosque en la restauracion de cuencas torrenciales. España. 1998
- López Cadenas de Llano,F. y Colaboradores. Ministerio de Medio Ambiente. España. 1998
- López Planes, R. Diseño Estadístico de Experimentos. Edic. C.T. 1988
- Luttge U. Physiological Ecology of Tropical Plants. Alemania. 1997
- Machado González F. Selección y Producción de Semillas. Edic. P y Educ. Habana 1986
- Manual de Gestión de los Recursos .- Suarez Calvo, M. - 1996
- Matakiev D. El escurrimiento medio y formas de las avenidas. Gpo Hidráulica. DAP. 1978
- Mulkey S; Chazdon R; Smith A. Tropical Forest plant. Ecophysiology. New York. 1996.
- Nemec J. Engineering Hydrology (Ingles) Edit. P. y Educ. Habana 1975
- Not by Timber Alone .Panayotu T. - 1995
- Novo, R. y M. Luis (inédito): Bioclimas de Pinar del Río. Centro de Documentación. Instituto Superior Pedagógico de Pinar del Río, 1989.
- Obras escogidas de Marx. Tomos I y III

- Odum E. Ecología: Bases científicas para un nuevo paradigma. Barcelona. España. 1992
- Opeke L. Tropical Tree Crops. (en inglés) Edic. Vail B. Press USA 1987
- Ostle B. Estadística Aplicada. Edit. C.T.m Habana 1979
- pampeana húmeda. Inst. Nac. De Tecnología Agropecuaria. Argentina 1985
- Pearce, D.W. Turner, R.K.- Colegio de economistas de Madrid - Celeste Ediciones. 1995.
- Pensamiento Económico de Ernesto (Che) Guevara. Premio Casas-87
- Pérez Domínguez C. La erosión del Suelo. Causas, Efectos y Control. Minagri 1989
- Piñol J; Avila A; Escarré A. Water Balance in catchments. Alicante 1998
- Piñol J; Avila A; Escarré A; Lledó M.J; Rodá F. Comparison of the hydrological characteristics of three small experimental holm oak forested catchments in NE Spain in relation to larger area. Vegetation journal. España 1992.
- Piñol J; Lledó M.J; Escarré A. Hydrological balance of two Mediterranean forested catchments (Prades, northeast Sapain) Hydrological Sciences. España 1991.
- Piruzian S, et al. Mapa de Grados de Erosión de Pinar del Río. Minagri 1982
- Planas G. Pérdidas por erosión Hídrica de los suelos de Cuba. Hidroeconomía 1986
- Pombo Portela J et al. La Micropresa. Iproyaz Habana 1988
- Povich A. - Nichols N.- A New look for Natural Resources and Environmental
- Povich A. - Nichols N.- A New look for Natural Resources and Environmental
- Povich A. A new look for Natural Resouces and Environmental sciences. Rev I. Research – Spring/summer-94 (En Inglés).
- Quintero E. Alonso A. Ecología Agrícola - Ed. Pueblo y Educación 1980.
- Ramirez E. La distribucion de la evapotranspiración de referencia en Cuba. Habana. 1989.
- Regulaciones sobre Flora y Fauna, (MININT-Minagri).
- Remeneiras R. et al. Hidrología para Ingenieros. INRH. Habana 1978
- Resolución sobre Áreas Protegidas.
- Resolución sobre Cuencas Hidrográficas.
- Resoluciones y Orientaciones legales del INDAAF. Minagri-Habana.
- Restauración hidrológico forestal de cuencas y control de la erosión
- Resuluciones y decretos ley de la dirección de Suelos y Fertilizantes del Minagri
- Rev. Economía y Desarrollo. Vol. 2- 1995
- Revista Unasylyva - Vol. 42 - 164-1991
- Revista Unasylyva - Vol.43 No.169- 1992-FAO.
- Rey R; De la Hoz L; Stinger J. Cálculo de la evapotranspiración de los cultivos agrícolas. Cuba 1979.
- Richards P. The Tropical Rain Forest. Cambridge. 1996.
- Rico A. Agua y Desarrollo en la Comunidad Valenciana. Alicante. España. 1998
- Roberts J. Forest transpiration: A Conservative Hydrological Process. Journal o Hydrology. 1983
- Robredo J. Modelos y metodos para el cálculo de caudales. Alicante España 1997.
- Ryding S; Rast W. El control de la eutrofización en lagos y pantanos. UNESCO. 1992.
- Samek V, Del Risco E. Los Pinares de la provincia Pinar del Río, Cuba. Edit. Academia 1989
- Samek V. Elementos de Silvicultura de los bosques latifolios . C y T. Habana 1974



- Samek, V. y E. Del Risco (1989): Los pinares de la provincia de Pinar del Río. Estudio sinicológico. Editorial. Acad. de Cienc. La Habana. 56 pp.
- Samek, V. y M. Moncada (1971): Comunidades vegetales de las lagunas blancas de Pinar del Río, Cuba. Acad. Cienc. Cuba. Ser. Pinar del Río 27: 1-27.
- Samek, V.(1973): Regiones fitogeográficas de Cuba. Acad. Cienc. de Cuba. Serie Forestal 15:1-63.
- Sanchez A. Gestion Estrategica de la Calidad Medioambiental. Sevilla. España. 2000
- Satterlund D; Adams P. Wildland Watershed Management. USA. 1992.
- Schweitzer H. Sustainable Agriculture: Emerging technologies and practices – I.research – Fall/winter – 1989.
- Schwritzer H. Sustainable Agriculture: Emerging technologies and practices. Rev. I.Research – Spring/summer 94 Aristos. Diccionario de la lengua española – 1985
- Science - Revista - I. Research - Spring/summer-94
- Science - Revista - I. Research - Spring/summer-94.
- Sec. Rec. hidráulicos Méjico DF. 1952
- Sharp H jr. Elementos de Trigonometría Plana. Edic. P.Educ. Habana 1975
- Soil and Water Conservation New. Vol. 7 No.6. US Dep. Of Agriculture. 1986
- Soil and Water Conservation News - Vol.7 No.7 October 1996
- Soil Conservation Service's Illinois. Agriculture Handbook. Ecuation USLER- 1985
- Sub-Cte para el Desarrollo Rural. UN CAC-FAO.
- Sutherland W; Hill D. Managing Habitats for Conservation.Cambridge University Press. U.K. 2000
- Terradas J. Ecología y educacion ambiental. Barcelona. España. 1979.
- Trusov I, Davitaya F. Los recursos climáticos de Cuba. INRH. Habana 1965
- Universidades. La Habana, 346 pp.
- Urquiola, A. J. (1987): La vegetación de las Arenas Blancas de Pinar del Río. Propuesta de áreas protegidas. Tesis en opción al grado científico de Dr. en Ciencias Biológicas. Universidad de la Habana.
- Valdés, O.(1985). La Educación Ambiental para el Desarrollo Sostenible en las Montañas de Cuba, 82 pp.
- Vasil I. – de la Revolución Verde a la Revolución Genética. Rev. El Correo de la UNESCO Julio 1994.
- Vázquez Sánchez A. Gestión estratégica de la Calidad Ambiental. Edit. Digital Barcelona 2000
- Vega, E., A. Urquiola y R. Novo (inédito): La vegetación del Cerro de Cabras. Departamento de Biología. Instituto Superior Pedagógico de Pinar del Río. 14 pp.
- Vilamajó D. Ordenamiento Territorial – Habana 1995
- Worthier E. Aldrich S. Suelos Agrícolas Edic. R. 1966
- Zamora E, et al. Manejo del Riego con restricciones en el suministro de agua. Minagri Habana 1991

